MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA

DIVISÃO DE CONTROLE DE RECURSOS HÍDRICOS

CURSO SOBRE TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA EM GRANDES RIOS

Manaus, 04 a 09 de Junho de 1984

AVALIAÇÃO

- Coordenação do Curso

. Coordenador Geral

Dr. Benedito Eduardo Barbosa Pereira
Diretor da Divisão de Controle
de Recursos Hídricos do DNAEE.

. Coordenador Executivo

Dr. Gilbert Jaccon
Consultor DNAEE/ORSTOM - FRANÇA

. Secretário Executivo

Engº Kazimierz Josef Cudo
DNAEE/DCRH

- Corpo Docente

. Gilbert Jaccon - DNAEE/ORSTOM - FRANÇA
. Silvio C. da Conceição - CPRM
. Moacyr de Aquino - CNEC
. Celso Ávila - HIDROLOGIA S.A.

ELABORAÇÃO

Gilbert Jaccon
Kazimierz Josef Cudo

AUXILIAR

Edemir Ferraz

DESENHISTA

Márcia Maria Fernandes da Silva
Dimas Figueredo Nobrega
Francisco José Azevedo Dias

S U M Á R I O

Pag.

INTRODUÇÃO 3

1 . PROGRAMA REALIZADO E RELAÇÃO DOS PARTICIPANTES..... 4

1.1 Programa realizado..... 4
1.2 Relação dos participantes..... 8
1.3 Grupos de trabalho.....12

2 . MEDIÇÕES REALIZADOS EM MANACAPURU.....13

2.1 Medição com barco ancorado.....13
2.11 Apresentação geral.....13
2.12 Análise e comentários.....23
2.2 Medição com barco não ancorado.....29
2.21 Apresentação geral.....29
2.22 Análise e comentários.....32
2.3 Medição com barco em movimento.....34
2.31 Apresentação geral.....34
2.32 Análise e comentários.....35
2.4 Avaliação dos resultados.....40

3 . ANÁLISE DOS RELATÓRIOS APRESENTADOS.....44

F I G U R A S

1 . Perfis de velocidade.....21
2 . Cálculo pelo método gráfico.....22
3 . Posicionamento do barco com sextante e teodolitos..24
4 . Variações da velocidades a 1 m de profundidade....39
5 . Correção de largura.....39
6 . Comparação das medições.....42

INTRODUÇÃO

O curso sobre Técnicas de Medição de Descarga Líquida em Grandes Rios, realizado em Manaus no período de 04 a 09 de junho de 1984, foi organizado pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE através da Divisão de Controle de Recursos Hídricos - DCRH.

Para a realização do Curso, o DNAEE contou com o apoio da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores - CNEC, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA e Hidrologia S.A.

Participaram do curso 20 engenheiros com experiência na área hidrométrica em várias regiões do território nacional.

O principal objetivo do Curso foi capacitar os profissionais a realizar medições de descarga líquida em grandes rios por meio da aplicação prática de metodologias de comprovada eficiência.

O presente relatório, dividido em 3 partes, apresenta de forma sucinta um balanço geral do Curso.

A primeira parte contém o programa efetivo comentado, relação com endereço dos participantes, relação dos 4 grupos de trabalho e experiência prática dos participantes em hidrometria.

A segunda parte apresenta os resultados das medições realizadas em campo, com os métodos "Barco Ancorado", "Grandes Rios" e "Barco em movimento", por meio de gráficos, tabelas e comentários.

Na última parte, é realizada uma breve análise dos relatórios apresentados pelos Grupos de Trabalho.

1. PROGRAMA REALIZADO E RELAÇÃO DOS PARTICIPANTES

1.1 Programa Realizado

Dia 03 de julho. Domingo de tarde
Visita aos barcos:

- Comandante Paiva, utilizado para as aulas práticas de campo (cálculo das medições) e em parte como dormitório para a maioria dos participantes;

- Senador Cunha Melo, utilizado para as medições dos dias 5 e 6.

Os barcos partiram de Manaus para MANACAPURU no dia 04, segunda feira as 7:00 horas.

Dia 04 de junho. Segunda Feira
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

09h00 - 09h30 - Abertura - Objetivo, apresentação do programa, informações gerais sobre o curso e regras de segurança para aulas práticas em campo - Constituição dos Grupos de Trabalho de 5 participantes
Kazimierz Josef Cudo

09h30 - 12h30 - Apresentação dos 3 métodos de medição utilizados na seção do Rio Solimões em MANACAPURU
Gibert Jaccon

13h30 - 14h30 - Métodos de Cálculo das Medições.
Apresentação de 4 programas para calculadoras programáveis HP11C e HP15C.
Gilbert Jaccon

Nota: A matéria apresentada nessas sessões foi reunida numa apostila distribuída aos participantes no dia 7.

15h30 - 18h00 - Translado de ônibus para MANACAPURU.

Dia 05 de junho. Terça Feira

06h00 - 07h00 - Deslocamento da cidade de MANACAPURU para a seção de medição - Parada na régua linimétrica (cota 18,38 m)

07h00 - 09h00 - Apresentação dos equipamentos, exposição do trabalho a ser realizado pelos grupos. Silvio C. da Conceição

Preparação do barco e instalação das 2 boias pela equipe técnica do barco Senador Cunha Melo.

09h00 - 16h00 - Execução de 10 travessias sucessivas para medição da vazão pelo método do barco em movimento; cada participante acompanhou 2 travessias (ida e volta), sendo que as equipes eram formadas por um representante de cada grupo.

A medição foi coordenada pela equipe técnica da CPRM, SUREG/BELÉM sob a direção de Silvio C. da Conceição.

Os participantes não presentes no barco, realizaram exercícios na margem com teodolitos (direção Celso Ávila), com sextantes e círculo hidrográfico (direção Moacyr de Aquino) e iniciaram no barco o cálculo da medição (direção Gilbert Jaccon).

16h30 - 17h30 - Retorno a MANACAPURU, com parada na régua (cota de difícil leitura por causa de ondas de forte amplitude).

Dia 06 de junho. Quarta Feira

05h30 - 06h15 - Deslocamento para a seção de medição, incluindo uma curta parada na régua (cota 18,40 m).

06h15 - 07h00 - Exposição do trabalho a ser realizado. Moacyr de Aquino

Preparação do barco Senador Cunha Melo pela equipe técnica da SUREG/Manaus reforçada por um hidrometrista do CNEC.

07h00 - 17h00 - Realização de perfis de velocidade detalhados, com o barco ancorado em 13 locais da seção transversal, sendo as distâncias ao PI determinadas simultaneamente com o sextante e 2 teodolitos; como no dia anterior os participantes do curso se revezaram no barco periodicamente e participaram das medidas (tomadas de velocidade, e ângulos com sextante).

A medição foi realizada sob a direção de Moacyr de Aquino.

No mesmo tempo os participantes iniciaram o cálculo da medição pelo método gráfico (traçado e planimetragem das parábolas) e pelo método aritmético (cálculo das velocidades médias).
Coordenação: Gilbert Jaccon

17h30 - 18h30 - Retorno a MANACAPARU.

Dia 7 de junho. Quinta Feira

06h00 - 06h45 - Deslocamento para a seção de medição (cota 18,42 m)

a partir de 07h00 - Continuação da medição com barco ancorado pela equipe SUREG/CNEC sob a direção de Moacyr de Aquino : 8 perfis de velocidade suplementares são realizados.

Execução de um levantamento do perfil transversal com o ecobatímetro por uma equipe técnica da Hidrologia S.A.

09h00 - 10h00 - Apresentação do trabalho prático a ser realizado para a medição com o barco não ancorado (método "Grandes Rios").
Celso Ávila

Preparação do barco Carvalho Neto IV pela equipe técnica da Hidrologia S.A.

10h00 - 18h00 - Execução da medição sendo realizadas 52 tomadas de velocidades em 26 pontos pré-determinados da seção transversal. Os participantes acompanharam a medição, sem participar diretamente visto a necessária rapidez de execução, exigido pelo movimento do barco.

Durante todo o dia os participantes prosseguiram o cálculo da medição com barco ancorado sendo concluído o traçado das parábolas e das isótacas, assim como o método aritmético.
Coordenador Gilbert Jaccon

18h00 - 19h00 - Retorno a MANACAPARU.

Dia 08 de junho. Sexta Feira

06h30 - 12h00 - Translado para Manaus de barco. Preparação dos relatórios finais, curta parada no Encontro das Águas (confluência dos rios Solimões e Negro).

14h30 - 16h30 - INPA

Trabalho em grupo: fechamento dos relatórios.

16h30 - 18h00 - Apresentação rápida dos relatórios, debates sobre o trabalho realizado em campo, os resultados das 3 medições e as recomendações dos grupos para melhoramento das medições.
Coordenação: Gilbert Jaccon e Kazimierz Josef Cudo

18h00 - 18h15 - Encerramento do Curso pelo Diretor Adjunto do INPA.

1.2. Relação dos Participantes

EURIDES DE OLIVEIRA

DNAEE/DCRH
SRTV-Sul Palácio do Rádio Bloco 1 sala 402
Tel.: 223-2308
70.000 BRASÍLIA - DF

FLAVIO MACHADO MOREIRA

CPRM/DEHID
Av. Pasteur, 404
Tel.: 295-0032 r. 368
22.000 RIO DE JANEIRO - RJ

FRANCISCO MENDES DE VASCONCELLOS NETO

CPRM/SUREG
Av. Brasil, 1731
Tel.: 201-5977 r. 15
30.000 BELO HORIZONTE - MG

FRANCISCO PARENTE DE CARVALHO

DNAEE/DCRH
SRTV-Sul Palácio do Rádio Bloco 1 sala 402
Tel.: 223-2308
70.000 BRASÍLIA - DF

JOSÉ AUGUSTO DA COSTA RAYOL

CPRM/SUREG-MA
Av. Carvalho Leal, 1017
Tel.: 234-8040
69.000 MANAUS - AM

JOSÉ EINÁ BATISTA SANTOS

CPRM/SUREG-SA
Pituba Parque Center ala "C" 3º andar
Tel.:
40.000 SALVADOR - BA

JOSÉ HIPÓLITO DE OLIVEIRA

DNAEE/1º Distrito
Rua Felipe Camarão 751, 8º andar
Tel.: 26-6081
90.000 PORTO ALEGRE - RS

JOSÉ LUIZ MARQUES

DNAEE/1º Distrito
Rua Felipe Camarão 751, 8º andar
Tel.: 26-6487
90.000 PORTO ALEGRE - RS

JOSÉ LUIZ SCROCCARO

SUREHMA
Rua Engº Rebouças 1206
Tel.: 224-1513
80.000 CURITIBA - PR

JOSÉ MARIA CABRAL DE VASCONCELOS

DNAEE/6º Distrito
Rua das Pernambucanas, 297
Tel.: 221-3976
50.000 RECIFE - PE

JOSÉ RICARDO ALMEIDA DE BRITTO

CERON - Centrais Elétricas de Rondônia S.A.
Av. 7 de Setembro, 116
Tel.: 221-1595 r. 55
78.900 PORTO VELHO - RO

LUIZ CONZAGA DE AMORIM JÚNIOR

CPRM/SUREG-GO
Rua 83, nº 38 - Setor Sul
Tel.: 224-1455
74.000 GOIÂNIA - GO

LUIZ RANCAN

DNAEE/DCRH
SRTV-Sul Ed. Palácio do Rádio Bloco 1 sala 408
Tel.: 225-5001 r. 344
70.252 BRASÍLIA - DF

LUIZ DE SOUZA CAVALCANTI

PORTOBRÁS
SAS Quadra 01 Bloco D e F 4º andar
Tel.: 224-1700 r. 285
70.000 BRASÍLIA - DF

MANOEL COLARES JUNIOR

PORTOBRÁS
Rua Bernardo Ramos s/nº Ilha de São Vicente
Tel.: 232-2903
69.000 MANAUS - AM

MARCIUS F. GIORGIETTI

EESC/USP
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465
Tel.: 71-2213
13.560 SÃO CARLOS - SP

MARCOS ANTÔNIO CORRENTINO DA CUNHA

DNAEE/8º Distrito
Rua 83, nº 206 - Setor Sul
Tel.: 224-2443
74.000 GOIÂNIA - GO

MARCOS COSTA BARROS

DNAEE/DCRH
SRTV-Sul Ed. Palácio do Rádio Bloco 1 4º andar
Tel.: 225-5001 r. 344
70.000 BRASÍLIA - DF

ORLANDO BIZZONI

DNAEE/2º Distrito
Av. 7 de Setembro 3627
Tel.: 234-9322
80.000 CURITIBA - PR

WOODROW NELSON LOPES ROMA

EESC/USP
Av. Carlos Botelho, 1465
Tel.: 71-2213
13.560 SÃO CARLOS - SP

1.3. Grupos de Trabalho

Grupo 1

Nome	Entidade
FRANCISCO PARENTE DE CARVALHO	DNAEE/DCRH
JOSÉ HIPÓLITO DE OLIVEIRA	DNAEE/1º Distrito
JOSÉ EINÁ BATISTA SANTOS	CPRM/SUREG-Salvador
JOSÉ AUGUSTO DA COSTA RAYOL	CPRM/SUREG-Manaus
MARCIUS F. GIORGETTI	EESC/USP

Grupo 2

Nome	Entidade
EURIDES DE OLIVEIRA	DNAEE/DCRH
FLÁVIO MACHADO MOREIRA	DEHID/CPRM
JOSÉ MARIA CABRAL DE VASCONCELOS	DNAEE/6º Distrito
JOSÉ LUIZ SCROCCARO	SUREHMA
MARCOS COSTA BARROS	DNAEE/DCRH

Grupo 3

Nome	Entidade
JOSÉ LUIZ MARQUES	DNAEE/1º Distrito
LUIZ GONZAGA DE AMORIM JÚNIOR	CPRM/SUREG-Goiânia
LUIZ RANCAN	DNAEE/DCRH
MANOEL COLARES JUNIOR	PORTOBRÁS
WOODROW NELSON LOPES ROMA	EESC/USP

Grupo 4

Nome	Entidade
FRANCISCO MENDES DE VASCONCELOS NETO	CPRM/SUREG-B. Horizante
JOSÉ RICARDO ALMEIDA DE BRITTO	CERON-Porto Velho
LUIZ DE SOUSA CAVALCANTI	PORTOBRÁS
MARCOS ANTÔNIO CORRENTINO DA CUNHA	DNAEE/8º Distrito
ORLANDO BIZZONI	DNAEE/2º Distrito

2. MEDIÇÕES REALIZADAS EM MANACAPARU

2.1. Medição com Barco Ancorado

2.1.1. Apresentação Geral

A medição iniciada às 07h00 da manhã do dia 06 de junho/84, só foi terminada no dia 07 às 13h00, após 15 horas de operação. Este tempo poderia ter sido reduzido em pelo menos 3 horas, se não fosse o uso de uma âncora inadequada no início (5 verticais somente nas 6 primeiras horas). Num total de 21 verticais, 13 foram realizadas no primeiro dia e as oito complementares no segundo dia, correspondentes as verticais 21, 19, 4, 5, 9, 13, 15 e 17 conforme a sequência cronológica.

A distância de cada vertical ao PI foi determinada simultaneamente por sextante e teodolito no dia 06 e somente com o sextante no dia 07. As 4 linhas da base (2 em cada margem) e os alvos de alinhamento e das extremidades das bases foram instaladas em maio por uma equipe da CPRM.

A profunidade total em cada vertical e as profundidades parciais dos pontos de tomada de velocidades, foram definidas pelo contador do guincho. O ângulo de arraste não foi medido (por falta de medidor no barco ?) mas o controle de fundo foi feito com um ecobatímetro. Posteriormente a medição, foi feito um controle do contador do guincho que acusou um desvio sistemático, por defeito, de 8,9 cm por metro (98 cm de cabo quando o contador indica 90). As profundidades medidas em campo foram, por consequente, sistematicamente corrigidas, sendo o ângulo de arraste "estimado", tomando como referência o valor do ecobatímetro (conforme fichas de medição).

A velocidade foi tomada em vários pontos do perfil vertical (6 a 11 pontos dependendo da profundidade total p_t) e por integração vertical na subida do lastro (velocidade de 0,45 m/s aproximadamente). O tempo de base para tomada de velocidade foi de 40 segundos, e o molinete de marca OTT com uma hélice de passo 0,25 m/s e

contagem direta (um impulso por rotação).

As condições climáticas durante a medição foram favoráveis: vento moderado, poucos materiais hidrotransportados, visibilidade razoável (dia 06) a excelente (dia 07).

As 6 fichas de medição contém todos os elementos medidos em campo (ângulos lidos com o sextante, posição do molinete, profundidade total, número de rotações e tempo), os valores corrigidos (profundidades do molinete) e calculados (distâncias das verticais ao PI, velocidades pontuais e médias, áreas e descargas parciais). As 21 verticais são classificadas na ordem das distâncias ao PI e numeradas sequencialmente.

A medição foi calculada:

- pelo método gráfico: parábolas (fig. 1) e isótacas (fig. 2)

- pelo método aritmético (meia-seção e seção média).

TABELA 1 - Resultados Globais da Medição com Barco Ancorado

MÉTODO	CÁLCULO	DESCARGA m^3/s	ÁREA m^2	V média m/s	V/V1m
Completa	Parábolas	134.800	89.820	1,501	0,906
	Isótacas	135.300	89.820	1,506	0,910
	Meia Seção	133.400	89.560	1,490	0,903
	Seção Média	132.200	89.560	1,476	0,895
Integração Vertical	Gráfico	141.400	89.820	1,574	-
	Meia Seção	141.400	89.560	1,579	-
	Seção Média	140.200	89.560	1,566	-

FICHA DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA

CPRM

ESTAÇÃO: MANACAPURU CÓDIGO:

RIO: SOLIMÕES BACIA: AMAZONAS

Medição N.º ..... Data 6/7/06/84, Método BARCO ANCORADO Equipe CURSO + CPRM Folha 1/6

Molinete N.º 38283 Hélice N.º 1-38867 Marca OTT C31 Calibrado Em 23/07/87 Lastro 100 Kg.

Cota (Início 1840 cm, Fim 1842 cm. Média 1841 cm), Hora (Início 7h00 Fim 14h00) N.º Vert. 21

Larg. ____ m, Prof. méd ____ m, Área ____ m2, Vel. méd. ____ m/s. Descarga ____ m3/s

Vertical	Linha de Base (m)	Ângulo Lido no Sextante	Distância do P. 1. (m)	LARGURA (m) Entre as Verticais	LARGURA (m) do Segmento	PROFUNDIDADE (m) Ang. de Arraste	Fator (1-K) Tab.	Prof. na Vertical	Prof. Corrigida na Vert.	Posição do Molinete	N.º de Sinais	Tempo em Seg.	VELOCIDADE (m/s) Nos Pontos da Vertical	Média na Vertical	Coef. Ang.	Média na Vertical Corrig.	Área do Segmento (m2)	Descarga do Segmento (m3/s)
MD			12						0,5					0			(Meia seção) 18,3	0
1	I1	ile-	(73)	DIA 06					1,1	1	197	40	1,282					
	I2	givel							5,4	5	175	40	1,139					
	F1	9°19'	3130						9,8	9	132	40	0,861					
	F2	20°44'							14,2	13	69	40	0,453					
									18,5	17	63	40	0,415					
									19,9	18,3	31	40	0,274					
								FUNDO	20,2					0,807		2	363	1907
									INT.		155	41,2		0,849				2006
2	I1	67°14'	246	DIA 06					1,1	1	239	40	1,553					
	I2	82°52'							5,4	5	242	40	1,573					
	F1	9°53'	2959						9,8	9	229	40	1,489					
	F2	22°02'							14,2	13	214	40	1,393					
		TOT	3200						18,5	17	180	40	1,172					
		ERRO	-0,1%						22,9	21	139	40	0,906					
									26,2	24,1	79	40	0,518					
								FUNDO	26,5					1,284		4	426	5682
									INT.		294	55		1,304				5771
3	I1	59°30'	407	Dia 06					1,1	1	296	40	1,599					
	I2	72°10'							5,4	5	253	40	1,644					
	F1	10°30'	2781						9,8	9	242	40	1,573					
	F2	23°19'							14,2	13	220	40	1,430					
		TOT	3188						18,5	17	192	40	1,249					
		ERRO	-0,5%						22,9	21	173	40	1,126					
									27,2	25	129	40	0,842					
									28,8	26,4	94	40	0,615					
								FUNDO	29,1					1,338		2	735	3660
									INT.					1,309				3581
4	I1	58°37'	434	Dia 07					1,1	1	255	40	1,657					
	I2	70°34'							5,4	5	252	40	1,637					
	F1	10°35'	2759						9,8	9	244	40	1,586					
	F2	23°29'							14,2	13	227	40	1,476					
		TOT.	3193						18,5	17	192	40	1,249					
		ERRO	-0,3%						22,9	21	157	40	1,023					
									27,2	25	109	40	0,712					
									29,1	26,7	83	40	0,544					
								FUNDO	29,4					1,319		3	696	4790
									INT.		334			1,298				4732
TOTAIS																		

OBSERVAÇÕES:

RESPONSAVEL:

CONFERIDO:

FICHA DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA

CPRM

ESTAÇÃO: MANACAPURU CÓDIGO:

RIO: SOLIMÕES BACIA: AMAZONAS

Medição N.º ..... Data 6/7/06/89, Método Barco Ancorado Equipe CURSO + CPRM Folha 2/6

Molinete N.º 38283 Hélice N.º 1.38867 Marca OTT C31 Calibrado Em 23/07/81 Lastro 100 Kg.

Cota (Início 18,40 cm, Fim 18,42 cm, Média 18,41 cm), Hora (Início 7⁰⁰ Fim 14⁰⁰) N.º Vert. 21

Larg. 317,1 m, Prof. méd ..... m, Área ..... m2, Vel. méd ..... m/s, Descarga m3/s

Vertical	Linha de Base (m)	Ângulo Lido no Sextante	Distância do P. I. (m)	LARGURA (m) Entre as Verticais	LARGURA (m) do Segmento	PROFUNDIDADE (m) Ang. de Arraste	PROFUNDIDADE (m) Fator (1-K) Tab.	PROFUNDIDADE (m) Prof. na Vertical	Prof. Corrigida na Vert.	Posição do Molinete	N.º de Sinais	Tempo em Seg.	VELOCIDADE (m/s) Nos Pontos da Vertical	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical	VELOCIDADE (m/s) Coef. Ang.	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical Corrig.	Área do Segmento (m2)	Descarga do Segmento (m3/s)
5	I1	49°54'	655	DIA 07					1,1	1	271	40	1,760				(Meia seção)	
	I2	58°26'							5,4	5	286	40	1.857					
	F1	41°30'	2540						9,8	9	304	40	1.979					
	F2	25°25'							14,1	13	306	40	1.987					
		TOT.	3195						18,4	17	318	40	2,069					
		ERRO	-0,2%						22,8	21	295	40	1,916					
									27,0	25	250	40	1,625					
									29,2	27,3	184	40	1.198					
							FUNDO		29.5					1.862		4	868	9063
									INT		495	65		1.925				9370
6	I1	46°15	764	DIA 06					1.1	1	293	40.8	1.866					
	I2	53°25							5.4	5	305	40.2	1.971					
	F1	11°59'	2439						9.6	9	314	40.9	1.994					
	F2	26°28'							14.0	13	327	40.9	2.102					
		TOT.	3203						18.4	17	329	40.4	2.115					
		ERRO	0%						22.6	21	307	40.6	1.964					
									26.7	25	274	40.2	1.771					
									30.6	29	208	40.9	1.339					
									31.9	30.2	174	40.6	1.116					
							FUNDO		32.2					1.896		3	075	5830
									INT		553	70.8		1.977				6079
7	I1	44°02	846	DIA 06					1.1	1	296	40	1.922					
	I2	49°46							5.4	5	316	40	2.052					
	F1	12°28'	2343						9.6	9	326	40	2.116					
	F2	27°24'							14.0	13	331	40	2.149					
		TOT.	3189						18.4	17	294	40	1.909					
		ERRO	-0,4 %						22.6	21	288	40	1.870					
									26.7	25	249	40	1.618					
									30.8	29	219	40	1.424					
									34.8	33	195	40	1.269					
									36.5	34.5	167	40	1.087					
							FUNDO		36.8					1.812		3	588	6501
									INT		615	89.6		1.838				6595
8	I1	40°47'	959	DIA 06					1.1	1	317	40,2	2,098					
	I2	45°45'							5.4	5	326	40,2	2,106					
	F1	13°09'	2237						9,6	9	309	40,2	1.969					
	F2	28°42'							14,0	13	277	40,2	1.790					
		TOT.	3196						18.4	17	282	40,2	1.822					
		ERRO	-0,2%						22.6	21	308	40,2	1.990					
TOTAIS																		

OBSERVAÇÕES :

RESPONSÁVEL :

CONFERIDO :

FICHA DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA

CPRM

ESTAÇÃO: MANACAPURU CÓDIGO:

RIO: SOLIMÕES BACIA: AMAZONAS

Medição N.º ..... Data 6/7/06/84. Método BARCO ANCORADO Equipe CURSO + CPRM Folha 316

Molinete N.º 38283 Hélice N.º 1.3887 Marca OTT C31 Calibrado Em 23/07/81 Lastro 100 Kg.

Cota (Início 18,90 cm, Fim 18,42 cm. Média 18,41 cm). Hora (Início 7h00 Fim 14h00) N.º Vert. 21

Larg. ..... m, Prof. méd ..... m, Área ..... m2, Vel. méd ..... m/s. Descarga m3/s

Vertical	Linha de Base (m)	Ângulo Lido no Sextante	Distância do P. I. (m)	LARGURA (m) Entre as Verticais	LARGURA (m) do Segmento	PROFUNDIDADE (m) Ang. de Arraste	PROFUNDIDADE (m) Fator (1-K) Tab.	PROFUNDIDADE (m) Prof. na Vertical	PROFUNDIDADE (m) Prof. Corrigida na Vert.	Posição do Molinete	N.º de Sinais	Tempo em Seg.	VELOCIDADE (m/s) Nos Pontos da Vertical	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical	VELOCIDADE (m/s) Coef. Ang.	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical Corrig.	Área do Segmento (m2)	Descarga do Segmento (m3/s)
8	(Segue)								26.7	25	291	40.2	1.880				(Meia seção)	
									30.8	29	248	40.2	1.604					
									34.8	33	239	40.2	1.596					
									39.1	37	233	40.2	1.507					
									40.1	38	111	40.2	0.722					
							FUNDO		40.4					1.811		4	181	7573
									INT.		666	94		1.790				7485
9	I1	38°33'	1053	DIA 07					1,1	1	335	40	2.179					
	I2	42°36'							5.4	5	345	40	2.239					
	F1	13°41'	2131						9.8	9	315	40	2.045					
	F2	29°49'							14.0	13	283	40	1.838					
		TOT.	3184						18.4	17	256	40	1.663					
		ERRO	-0,6%						22.6	21	258	40	1.676					
									26.8	25	213	40	1.385					
									30.7	29	103	40	0.673					
							FUNDO		31.0					1.767		3	364	5943
									INT		507	68		1.882				6330
10	I1	35°49'	1176	DIA 05					1,1	1	333	40	2.162					
	I2	39°05'							5.4	5	345	40	2.239					
	F1	19°31'	2011						9.8	9	349	40	2.233					
	F2	31°28'							14.2	13	314	40	2,039					
		TOT.	3187						18.4	17	268	40	1.741					
		ERRO	-0,5%						22.6	21	293	40	1.903					
									26.8	25	208	40	1.353					
									28.7	26.9	181	40	1.178					
							FUNDO		29,0					1.936		4	278	8281
									INT		493	62,3		1,788				7648
11	I1	32°43'	1348	Dia 06					1.1	1	289	40	1.877					
	I2	34°46'							5.4	5	290	40	1.883					
	F1	15°58'	1830						9.8	9	281	40	1.825					
	F2	34°11'							14.2	13	292	40	1.896					
		TOT.	3178						18.4	17	266	40	1.728					
		ERRO	-0,8%						22.6	21	277	40	1.799					
									26.9	25	253	40	1.644					
									30.7	28,7	123	40	0.803					
							FUNDO		31,0					1.739		5	332	9246
									INT		470	67,4		1.752				9341
TOTAIS																		

OBSERVAÇÕES:

RESPONSAVEL:

CONFERIDO:

FICHA DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA

CPRM

ESTAÇÃO: MANACAPURU CÓDIGO:

RIO: SOLIMÕES BACIA: AMAZONAS

Medição N.º ..... Data 6/1/06/84, Método BARCO ANCORADO Equipe CURSO + CPRM Folha 4/6

Molinete N.º 38283 Hélice N.º 1.38867 Marca OTT C31 Calibrado Em 23/07/81 Lastro 100 Kg.

Cota (Início 18,40 cm, Fim 18,42 cm, Média 18,41 cm), Hora (Início 7⁰⁰ Fim 14⁴⁰⁰) N.º Vert. 21

Larg. ____ m, Prof. méd ____ m, Área ____ m2, Vel. méd. ____ m/s, Descarga ____ m3/s

Vertical	Linha de Base (m)	Ângulo Lido no Sextante	Distância do P. I. (m)	LARGURA (m) Entre as Verticais	LARGURA (m) do Segmento	PROFUNDIDADE (m) Ang. de Arraste	PROFUNDIDADE (m) Fator (1-K) Tab.	PROFUNDIDADE (m) Prof. na Vertical	PROFUNDIDADE (m) Prof. Corrigida na Vert.	Posição do Molinete	N.º de Sinais	Tempo em Seg.	VELOCIDADE (m/s) Nos Pontos da Vertical	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical	VELOCIDADE (m/s) Coef. Ang.	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical Corrig.	Área do Segmento (m2)	Descarga do Segmento (m3/s)
12	I1	29°52'	1520		DIA 06				1.1	1	315	40	2.095				(média seção)	
	I2	31°20'							5.4	5	314	40	2.039					
	F1	17°23'	1679						9.8	9	290	40	1.883					
	F2	37°00'							14.2	13	301	40	1.954					
		TOT.	3199						18.4	17	283	40	1.838					
		ERRO	-0,1%						22.6	21	236	40	1.534					
									26.9	25	229	40	1.489					
									31.0	29	70	40	0.460					
							FUNDO		31.3					1.717			4820	8276
									INT		500	68.1		1.851				8922
13	I1	29°59'	1656		DIA 07				1.1	1	251	40	1.631					
	I2	29°00'							5.4	5	266	40	1.728					
	F1	18°50'	1548						9.7	9	272	40	1.767					
	F2	39°37'							14.1	13	248	40	1.612					
		TOT.	3204						18.4	17	234	40	1.521					
		ERRO	0,03%						22.6	21	226	40	1.469					
									26.7	25	173	40	1.126					
									30.8	29	160	40	1.042					
									34.8	33	120	40	0.783					
									36.2	34.5	56	40	0.369					
							FUNDO		36.5					1.405			3322	4667
									INT		585	80.6		1.930				6078
14	I1	27°26'	1702		Dia 06				1.1	1	270	40	1.759					
	I2	28°19'							5.5	5	269	40	1.747					
	F1	19°30'	1492						9.7	9	307	40	1.993					
	F2	40°42'							14.1	13	290	40	1.883					
		TOT	3194						18.4	17	241	40	1.566					
		ERRO.	-0,3%						22.6	21	278	40	1.806					
									26.7	25	206	40	1.390					
									30.8	29	182	40	1.185					
									32.4	31.1	149	40	0.971					
							FUNDO		32.7					1.654			6099	10087
									INT.		498	70		1.788				10909
15	I1	23°48'	2029		DIA 07				1.1	1	242	40	1.573					
	I2	23°58'							5.5	5	247	40	1.605					
	F1	24°38'	1173						9.7	9	225	40	1.463					
	F2	49°03'							14.1	13	218	40	1.417					
		TOT	3203						18.4	17	192	40	1.249					
		ERRO	0%						22.6	21	154	40	1.003					
TOTAIS																		

OBSERVAÇÕES :

RESPONSAVEL :

CONFERIDO :

FICHA DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA

CPRM

ESTAÇÃO: MANACARURU CÓDIGO:

RIO: SOLIMÕES BACIA: AMAZONAS

Medição N.º ..... Data 6/7/06/84, Método BARCO ANCORADO Equipe CURSO + CPRM Folha 5/6

Molinete N.º 38283 Hélice N.º 1.38867 Marca OTT C31 Calibrado Em 23/07/87 Lastro 100 Kg.

Cota (Início 18.42 cm, Fim 18.42 cm, Média 18.41 cm), Hora (Início 7h Fim 14h) N.º Vert. 21

Larg. ____ m, Prof. méd ____ m, Área ____ m2, Vel. méd ____ m/s, Descarga ____ m3/s

Vertical	Linha de Base (m)	Ângulo Lido no Sextante	Distância do P. I. (m)	LARGURA (m) Entre as Verticais	LARGURA (m) do Segmento	PROFUNDIDADE (m) Ang. de Arraste	PROFUNDIDADE (m) Fator (1-K) Tab.	PROFUNDIDADE (m) Prof. na Vertical	PROFUNDIDADE (m) Prof. Corrigida na Vert.	Posição do Molinete	N.º de Sinais	Tempo em Seg.	VELOCIDADE (m/s) Nos Pontos da Vertical	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical	VELOCIDADE (m/s) Coef. Ang.	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical Corrig.	Área do Segmento (m2)	Descarga do Segmento (m3/s)
15	(SEGUE)								26.7	25	122	40	0.796				(meia seção)	
									29.0	27.3	41	40	0.272					
							FUNDO		29.3					1.261		8	028	10124
									INT		452	61		1.864				14965
16	I1	21°46	2250		DIA	06			1.1	1	242	40	1.573					
	I2	21°49							5.5	5	239	40	1.553					
	F1	29°56	948						9.8	9	231	40	1.502					
	F2	56°02							14.2	13	209	40	1.359					
		TOT.	3198						18.5	17	189	40	1.230					
		ERRO	-0,2%						22.8	21	148	40	0.965					
									26.0	24	42	40	0.279					
							FUNDO		26.3					1.285		5	589	7182
									INT.		303	569		1.306				7299
17	I1	20°14	2454		DIA	07			1.1	1	238	40	1.547					
	I2	19°58							5.5	5	223	40	1.450					
	F1	37°04	740						9.8	9	221	40	1.437					
	F2	63°57							14.2	13	187	40	1.217					
		TOT.	3194						18.5	17	163	40	1.062					
		ERRO	-0,3%						22.8	21	111	40	0.725					
									24.0	22	80	40	0.525					
							FUNDO		24.3					1.232		4	945	6092
									INT		252	50.4		1.208				5974
18	I1	18°53'	2657		DIA	06			1.1	1	225	40	1.463					
	I2	18°28'							5.5	5	213	40	1.385					
	F1	49°07'	593						9.8	9	193	40	1.256					
	F2	72°50'							14.2	13	204	40	1.327					
		TOT	3201						18.5	17	207	40	1.346					
		ERRO	-0,1%						22.8	21	173	40	1.126					
									25.9	23.8	53	40	0.350					
							FUNDO		26.2					1.247		4	205	5244
									INT		299	55.0		1.331				5597
19	I1	18°09'	2775		DIA	07			1.1	1	219	40	1.424					
	I2	17°42'							5.5	5	229	40	1.489					
	F1	55°18'	421						9.8	9	213	40	1.385					
	F2	78°18'							14.2	13	209	40	1.359					
		TOT.	3197						18.5	17	176	40	1.146					
		ERRO	-0.2%						22.8	21	142	40	0.926					
									25.5	23.4	103	40	0.673					
TOTAIS																		

OBSERVAÇÕES :

RESPONSAVEL :

CONFERIDO :

FICHA DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA

CPRM

ESTAÇÃO: MANACAPURU CODIGO:

RIO: SOLIMÕES BACIA: AMAZONAS

Medição N.º ..... Data 6/7/06/84, Método Barco Ancorado Equipe CURSO + CPRM Folha 6/6

Molinete N.º 38283 Hélice N.º 1.38867 Marca OTT C31 Calibrado Em 23/07/81 Lastro 100 Kg.

Cota (Início 1840 cm, Fim 1842 cm, Média 1841 cm), Hora (Início 700 Fim 1400) N.º Vert. 21

Larg. 3171 m, Prof. méd ..... m, Área ..... m2, Vel. méd. ..... m/s, Descarga m3/s

Vertical	Linha de Base (m)	Ângulo Lido no Sextante	Distância do P. I. (m)	LARGURA (m) Entre as Verticais	LARGURA (m) do Segmento	PROFUNDIDADE (m) Ang. de Arraste	PROFUNDIDADE (m) Fator (1-K) Tab.	PROFUNDIDADE (m) Prof. na Vertical	PROFUNDIDADE (m) Prof. Corrigida na Vert.	Posição do Molinete	N.º de Sinais	Tempo em Seg.	VELOCIDADE (m/s) Nos Pontos da Vertical	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical	VELOCIDADE (m/s) Coef. Ang.	VELOCIDADE (m/s) Média na Vertical Corrig.	Área do Segmento (m2) (média seção)	Descarga do Segmento (m3/s)
19	(SEGUE)						FUNDO		25,9				1	1,252				5205
									INT		279	55.0		1.233		4	157	5125
20	I1	17°04	29,78		Dia	06			1,1	1	234	40	1.521					
	I2	16°30'							5,5	5	225	40	1.463					
	F1	74°03'	218						9,8	9	217	40	1.411					
	F2	88°38'							14,2	13	203	40	1.320					
		TOT.	3196						18,5	17	187	40	1.217					
		ERRO	-0,2%						22,8	21	132	40	0.861					
									24,1	22,2	89	40	0.583					
							FUNDO		24,4					1.288		3	709	4777
									INT.		266	52		1.245				4617
21	I1	16°33	30,79		Dia	07			1.1	1	215	40,6	1.377					
	I2	15°58							5.5	5	210	40	1.366					
	F1	85°91							9.8	9	216	40,6	1.384					
	F2	?							14.2	13	200	40,4	1.288					
									18.5	17	166	40	1.081					
									22.6	21	139	40	0,906					
									27.1	25.5	86	40	0,563					
							FUNDO		27.4					1.166		2	809	3275
									INT.		258	57.6		1.065				2991
ME			31,83						0					0				

RESULTADOS

			MEIA-SECÃO	SECÃO MÉDIA
1º/ COMPLETA	DESCARGA	m^3/s	133.400	132,200
	ÁREA	m^2	89.560	89 560
	Vel. MÉDIA	m/s	1,490	1,476
2º/ INTEGRAÇÃO	DESCARGA	m^3/s	141.400	140200
	Vel. MÉDIA	m/s	1,579	1,566

TOTAIS

OBSERVAÇÕES:

RESPONSAVEL:

CONFERIDO:

CURSO SOBRE TECNICAS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA EM GRANDES RIOS

MEDIÇÃO COM BARCO ANCORADO - PERFIS DE VELOCIDADE (PARÁBOLAS)

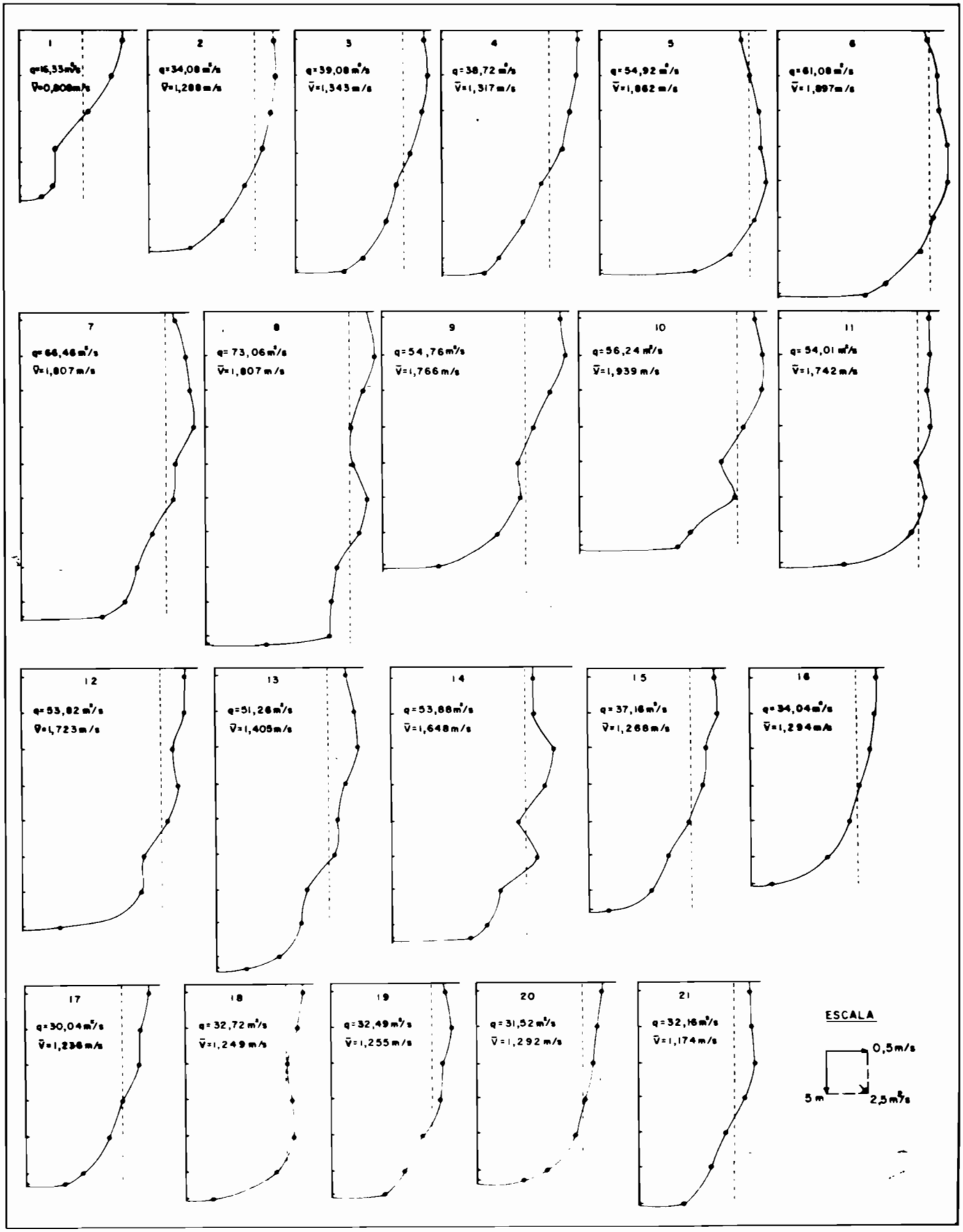
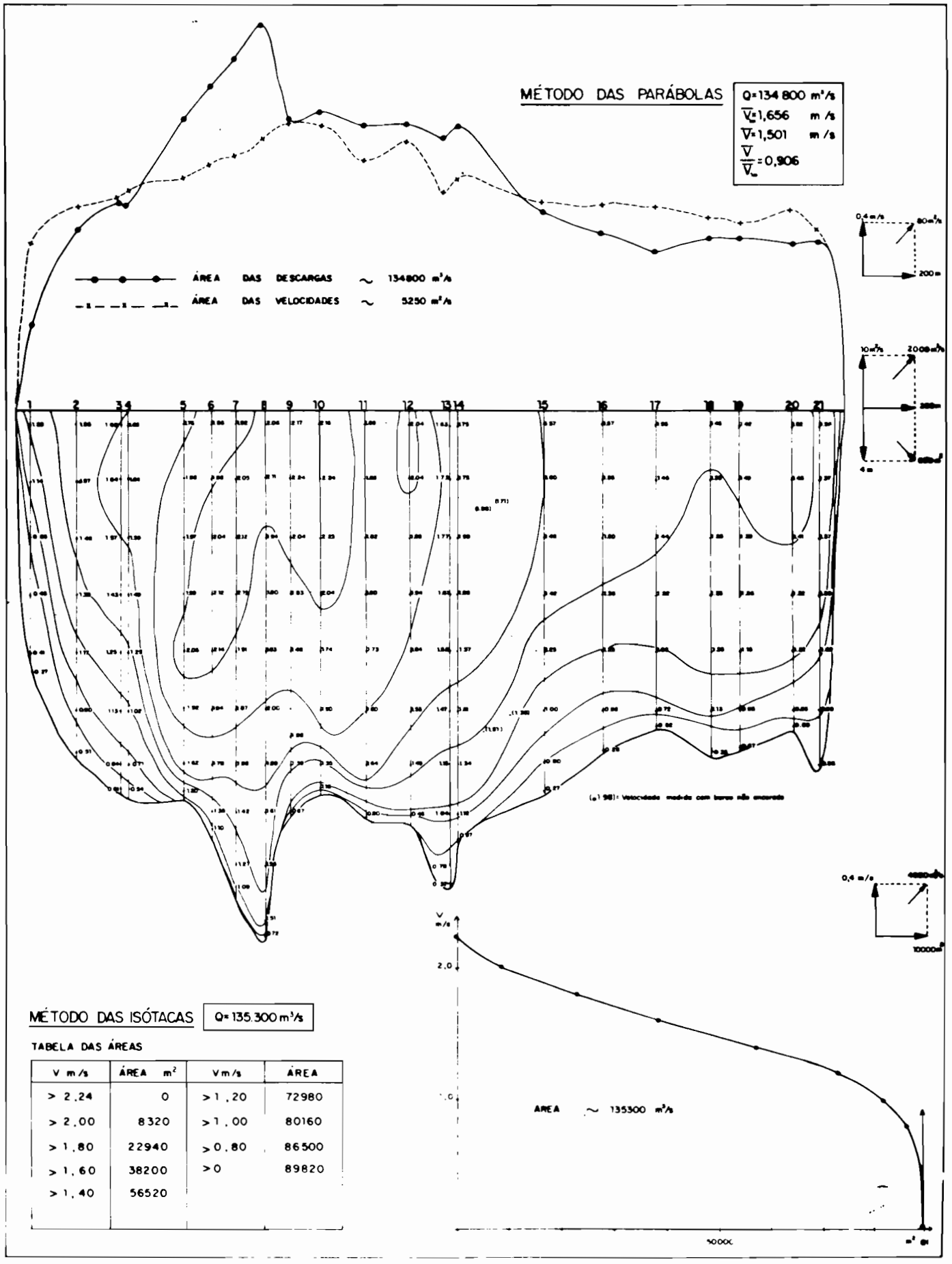


FIGURA - I

CURSO SOBRE TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA EM GRANDES RIOS

MEDIÇÃO COM BARCO ANCORADO – CÁLCULO PELO MÉTODO GRÁFICO



MÉTODO DAS ISÓTACAS Q=135.300 m³/s

TABELA DAS ÁREAS

V m/s	ÁREA m²	V m/s	ÁREA
> 2,24	0	> 1,20	72980
> 2,00	8320	> 1,00	80160
> 1,80	22940	> 0,80	86500
> 1,60	38200	> 0	89820
> 1,40	56520		

FIGURA - 2

Nota-se nos resultados uma diferença notável (5%) entre as descargas da medição completa (134.800 m^3/s pelo processo gráfico) e da medição integrada (141.400 m^3/s), diferença que será justificada a seguir. Pode-se ver também:

- que os valores calculados são inferiores aos valores obtidos pelo processo gráfico;

- que o processo aritmético da meia seção se aproxima melhor do valor "gráfico" que o processo da seção média.

2.1.2. Análise e Comentários

2.1.2.1. Verticais e Posicionamento do Barco

Visto o perfil transversal bastante acidentado, o número de verticais é mínimo: mais 5 a 10 verticais seriam necessárias para melhorar a precisão. Exceto o intervalo excessivo entre as verticais 14 e 15, falha detectada em campo mas não suprida por falta de tempo dentro da programação do curso, a repartição das 21 verticais é boa.

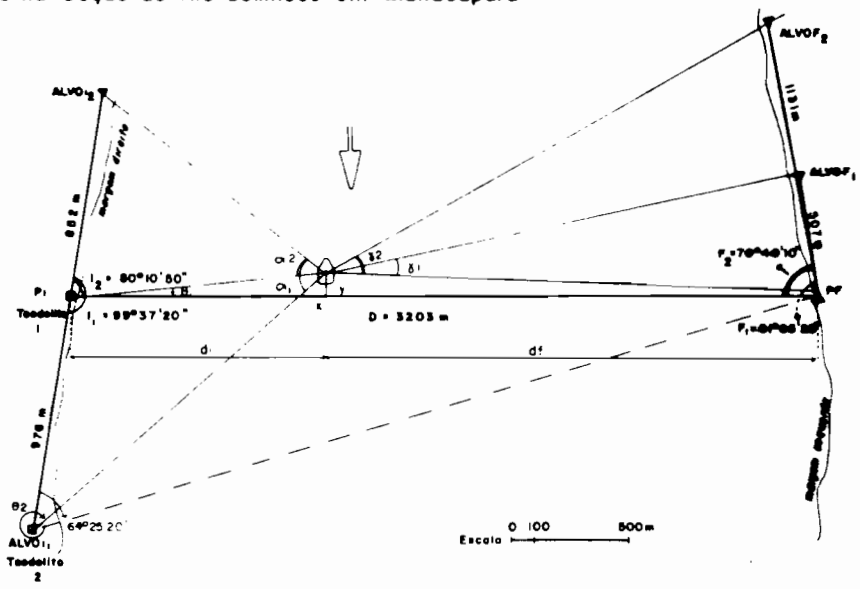
Na figura 3 é esquematizada a disposição das linhas de base e dos alvos instalados nas extremidades. Nota-se a disposição diferente em cada margem: bases opostas na margem direita, bases do mesmo lado na margem esquerda. Essa disposição foi escolhida voluntariamente com fins didáticos para exemplificar os 2 casos possíveis e os 2 roteiros de cálculo das coordenadas X e Y do barco.

Para 12 verticais realizadas no dia 06, o posicionamento do barco foi controlado com 2 teodolitos, posicionados em plataformas, especialmente montadas acima do PI e na extremidade da linha de base I1. Na figura 2 é apresentada uma tabela comparativa das distâncias calculadas pelos dois processos. Pode ser desta

CURSO SOBRE TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA EM GRANDES RIOS

POSICIONAMENTO DO BARCO COM SEXTANTE E TEODOLITOS

a. Disposição dos Alvos na Seção do Rio Solimões em Manacapurú



b. Tabela Comparativa das Distâncias Calculadas (usando simultaneamente um sextante e dois teodolitos)

Nº Vert		SEXTANTE Base 1	Base 2	Y m	di m	df m	di+df m	Δ %		TEODOLITOS TEOD. 1	TEOD. 2	Y m	di m	COMPARAÇÃO Dif. dia-dia	Erro %
2	α	67°14'	82°51'	+1,3	246	2954	3200	−0,1	In	0° 10' 50"	308°46' 05"	−0,8	242	−4	1,7
	β	9° 53'	12°02'	−15					Fim						
3	α	59°50'	72°10'	+4,2	407	2781	3188	−0,5	In	359° 24' 20"	346° 12' 10"	+4,2	400	−3	0,7
	β	10° 30'	13°19'	+7,9					Fim	359° 35' 00"	316°34' 55"	+3,0	408		
6	α	46°15'	53°25'	+4,3	764	2439	3203	0	In	358° 09' 50"	328°53' 00"	+24	784	−8,5	1,1
	β	11° 58'	26°28'	−10					Fim	358° 14' 00"	328°54' 05"	+23	757		
7	α	44°02'	49°46'	+11	846	2343	3189	−0,4	In.	359° 57' 50"	331° 58' 00"	+0,5	964	−4,5	0,5
	β	12° 28'	27°24'	+14					Fim	0° 10' 50"	332° 30' 30"	−2,7	949		
8	α	40°47'	45°45'	+5,6	959	2237	3196	−0,2	In.	359° 51' 00"	335°07' 40"	+2,5	954	−5,5	0,6
	β	13° 04'	18°41'	−13					Fim	359° 51' 10"	335°07' 00"	+2,5	953		
10	α	35°49'	39°05'	+6,5	1176	2011	3187	−0,5	In	359° 52' 00"	340°06' 05"	+2,4	1172	−6,5	0,6
	β	14° 31'	31°28'	+20					Fim	359° 51' 00"	339° 59' 40"	+3,1	1167		
11	α	32°43'	34°46'	+15	1348	1830	3178	−0,8	In	359° 45' 00"	343° 13' 20"	+5,9	1343	−1	0,1
	β	15° 56'	34°11'	+18					Fim	359° 54' 50"	343° 27' 55"	+2,0	1351		
12	α	29°52'	31°20'	+9,6	1520	1679	3199	−0,1	In.	359° 57' 40"	346° 09' 40"	+1,2	1544	−2,5	0,2
	β	17° 23'	37°00'	−3,5					Fim	359° 59' 00"	346° 12' 40"	+0,2	1521		
14	α	27°20'	28°49'	+4,4	1702	1492	3194	−0,3	In	0° 02' 50"	348° 42' 45"	−1,4	1703	0	0
	β	19° 30'	40°42'	+3,0					Fim	0° 03' 50"	348° 41' 55"	−1,9	1701		
16	α	24°46'	24°44'	+5,6	2250	948	3198	−0,2	In	0° 02' 20"	[illegible]	−4,5	2250	0	0
	β	29°56'	56°02'	+2,3					Fim						
18	α	19°53'	18°28'	+13	2657	543	3201	−0,1	In	359° 57' 40"	357° 00' 30"	+2,2	2646	−9,5	0,4
	β	47°07'	72°50'	+0,2					Fim	359° 57' 50"	357° 02' 00"	+1,7	2649		
20	α	17°04'	16°30'	+13	2978	218	3196	−0,2	In	359° 58' 40"	359° 54' 40"	+1,2	2978	0	0
	β	74° 03'	88°38'	+1,7					Fim	359° 58' 30"	359° 54' 40"	+1,3	2978		

FIGURA-3

cado:

1. a boa concordância dos valores: a diferença sextante/teodolitos fica inferior a 10 m (média 3,75 m) notar o sinal negativo desta diferença, que indica, provavelmente, um erro por defeito de 10 a 20 minutos de grau no valor do ângulo PI. Alvo 1. PF, erro perfeitamente possível visto que a implantação das bases foi feita logo antes do curso, com as margens já parcialmente inundadas.

2. o controle das leituras do sextante através da soma $d_i + d_f$ das distâncias a cada margem. A diferença relativa $\Delta\%$ desta soma à distância PI.PF, que é sistematicamente negativa, mostra um pequeno defeito de aferição do sextante, defeito de alguns minutos de grau em excesso que implica ângulos maiores e por consequência distâncias menores. A consequência só é sensível quando os ângulos são pequenos (inconveniente das bases pouco compridas).

3. a influência do vento e o movimento lateral do barco, que apesar de estar ancorado, se desloca na seção transversal do rio de vários metros (ver nas verticais 3 e 7 as distâncias d_i medidas pelos teodolitos no início e no fim das medições).

4. o alinhamento do barco na seção PI.PF, feito a vista, pode ser controlado pelos valores das colunas Y. Considerando a coluna Y teodolito, pode-se ver que o barco é geralmente posicionado alguns metros A MONTANTE da seção (2 a 5 m para o mastro do barco, 7 a 10 m para o molinete). Isso se explica pelas dificuldades encontradas para ancorar o barco: os operadores desconfiados preferem ter uma margem de segurança. Comparando as 2 colunas Y da tabela da figura 2, pode se ver que o sextante não é um instrumento preciso para controlar o alinhamento (se não for com o círculo hidrográfico, posicionado a 180º). As divergências entre os valores da coluna Y, calculados pelo sextante, têm por origem a disposição diferente das linhas de base, em cada margem. O processo de cálculo das coordenadas do barco (segmentos capazes) é menos sensível a uma diferença de 1' de grau (precisão do sextante) quando as bases são opostas (caso da

margem direita).

2.1.2.2. Velocidades Médias nas Verticais

Utilizando como referência a velocidade média em cada vertical $\overline{V}_g$ obtida pelo processo gráfico (planimetragem das parábolas), foram calculados os desvios relativos:

a - das velocidades médias calculadas pela fórmula

$$\overline{V}_K = \frac{p_1 v_1 + \sum_1^m \frac{v_i + v_{i-1}}{2}(p_1 - p_{i-1}) + \frac{3}{4} v_m \ (p_{tk} - p_m)}{p_t}$$

sendo m o número total de pontos na vertical e i o índice de um ponto e p_t a profundidade total.

b - das velocidades, médias aritméticas das velocidades a 20% e 80% da profundidade total (valores lidos nos perfis de velocidade), $\overline{V}_2$

c - das velocidades integradas $\overline{V}_i$

Os resultados desses cálculos são reunidos na tabela 2, onde pode se ver:

a - o desvio sistemático negativo de $\overline{V}_K$, devido ao método dos trapézios, usado pelo cálculo da área das parábolas. (desvio médio da ordem de 0,2%, os desvios positivos das verticais 07, 08 e 14 sendo provavelmente devidos a uma imprecisão da planimetragem)

TABELA 2 - Medição com Barco Ancorado

Tabela Comparativa das Velocidades Calculadas

Nº Vert	Dist ao PI (m)	Prof. Total P_t (m)	Gráfico (Parábola) $\overline{V}_g$	Calculado todos os pontos $\overline{V}K$	Δ%	calculado 2 pontos (20% 80%) $\overline{V}_2$	Δ%	Integrada $\overline{V}_i$	Δ%
01	73	20,2	0,808	0,807	-0,1	0,825	+2,1	0,849	+5,1
02	246	26,5	1,286	1,284	-0,2	1,290	+0,3	1,304	+1,4
03	407	29,1	1,343	1,338	-0,4	1,380	+2,8	1,309	-2,5
04	434	29,4	1,317	1,314	-0,2	1,320	+0,2	1,298	-1,4
05	655	29,5	1,862	1,862	0	1,875	+0,7	1,925	+3,4
06	764	32,2	1,897	1,896	-0,05	1,910	+0,7	1,977	+4,2
07	846	36,8	1,807	1,812	+0,3	1,785	-1,2	1,838	+1,7
08	959	40,4	1,807	1,811	+0,2	1,805	-0,1	1.790	-0,9
09	1053	31,0	1,766	1,767	+0,06	1,865	+5,6	1,882	+6,6
10	1176	29,0	1,939	1,936	-0,2	2,045	+5,5	1,788	-7,8
11	1348	31,0	1,742	1,734	-0,5	1,815	+4,2	1,752	+0,6
12	1520	31,3	1,723	1,717	-0,3	1,755	+1,9	1,851	+7,4
13	1656	36,5	1,405	1,405	0	1,435	+2,1	1,830	+30,2
14	1702	32,7	1,648	1,654	+0,4	1,570	-4,7	1,788	+8,5
15	2029	29,3	1,268	1,261	-0,6	1,285	+1,3	1,864	+47,0
16	2250	26,3	1,294	1,285	-0,7	1,260	-2,6	1,306	+0,9
17	2454	24,3	1,236	1,232	-0,3	1,245	+0,7	1,208	-2,3
18	2657	26,2	1,249	1,247	-0,2	1,318	+5,5	1,331	+6,6
19	2775	25,9	1,255	1,252	-0,2	1,260	+0,4	1,233	-1,8
20	2978	24,4	1,292	1,288	-0,3	1,315	+1,8	1,245	-3,7
21	3079	27,4	1,174	1,171	-0,3	1,141	-2,8	1,065	-9,3
DESVIO MÉDIO				Absoluto	-0,26%		2,25%		4,0*
				Relativo	-0,17%		+1,16%		+0,88*

(*) excluídos os valores das verticais 13 e 15

b - o desvio absoluto das velocidades $\overline{V}_2$ é de 2,25%, valor já encontrado na medição realizada em 21 e 22 de março no mesmo posto. É interessante observar que a faixa de dispersão é de ± 5%, sendo o desvio médio relativo positivo (+ 1,16% contra + 0,41% em março).

c - Duas velocidades integradas (verticais 13 e 15) tem valores totalmente fora da faixa de dispersão que é de ± 10%. Em primeira análise deve-se admitir um erro no desconto do número de impulsos, dessas 2 medições, apesar das velocidades integradas se enquadrar melhor na sequência, pelo menos a primeira vista como mostram os valores seguintes:

Vertical	12	13	14	15	16
$\overline{VK}$ m/s	1,723	1,405	1,648	1,268	1,294
$\overline{VI}$ m/s	1,851	1,830	1,788	1,864	1,306

Voltaremos nesse ponto no último item deste capítulo.

2.1.2.3. Isótacas

O método das isótacas ou curvas de igual velocidade - é pouco conhecido e pouco usado, provavelmente por causa do traçado das isolinhas e da planimetragem geralmente difícil por causa da forma daquelas linhas. Mas o método é muito interessante tanto para sentir melhor o rio escoando quanto para apreciar a medição realizada. A figura 2 representa as curvas isótacas de 0,2 em 0,2 m/s entre a velocidade máxima medida 2,24m/s e 0,80 m/s. O traçado da curva apoia-se na interpolação linear entre os valores, mas sem abusar de formas complicadas ou contornos fechados. Pode-se ver na figura 2 que dentro da área limitada pela curva 1,80 m/s encontram-se valores isolados inferiores (até 1,66 m/s) e na parte de fora valores isola

dos superiores (até 2,00 m/s). O traçado deve ser feito de maneira intuitiva, em apoio nos agrupamentos de valores semelhantes e deixando os valores isolados. As isótacas apresentadas na figura 2, foram traçadas por um dos autores deste relatório num tempo inferior a 10 minutos e não foram retocadas: a descarga obtida após a integração gráfica das áreas intermediárias mostra que o processo intuitivo dá excelentes resultados.

2.1.2.4. Traçado das Curvas de Vazão e das Velocidades de Superfície

O traçado destas curvas (figura 2) não apresenta dificuldades. A curva deve ser suave, evitando-se qualquer ângulo ou descontinuidade. A precisão do traçado, e por consequência dos resultados, depende do número e da repartição dos pontos. Por exemplo, o comprimento do intervalo entre as verticais 14 e 16 (mais de 550 m), confere um papel decisivo, em termos de precisão, a vertical 15, que por coincidência, foi considerada duvidosa por causa da discrepância entre as velocidades média por pontos ($\overline{VK}$) e integrada ($\overline{VI}$).

2.2. Medição com Barco não Ancorado

2.2.1. Apresentação Geral

A medição iniciada as 10:00 horas da manhã, foi encerrado ao cair da noite as 18:00, ou seja após 8:00 horas de trabalho. A medição foi feita segundo um procedimento diferente daquele até agora utilizado: as verticais são escolhidas (em função do perfil transversal do rio), as distâncias ao PI calculadas e os ângulos correspondentes lidos no teodolito de posicionamento (extremidade da linha de base) determinados, antes de iniciar a medição. A utilização do rádio permite aos 2 observadores de teodolitos (alinhamento e posicionamento) dirigir o piloto do barco, de maneira a:

- posicionar o barco nas proximidades da vertical escolhida;

- orientar e ajudar o piloto a manter o barco na mesma posição durante as tomadas de velocidades.

  Esta maneira de operar, mais demorada que o método inicialmente usada das verticais "móveis" , é sem nenhuma dúvida muito mais precisa.

De outro lado, o uso do rádio permite o controle imediato do movimento do barco durante uma tomada de velocidade e, se for necessário, uma repetição imediata.

A tabela 3 fornece para cada uma das 26 verticais realizadas:

- os elementos medidos, ou seja os ângulos no início e no fim das tomadas de velocidade dos 2 observadores, a profundidade total p_t medida pelo ecobatímetro e para cada ponto (20% e 80% da profundidade) o número de rotações e o tempo da medição;

- os valores calculados, ou seja as abcissas e ordenadas iniciais e finais, a velocidade pontual e média na vertical, a distância ao PI e finalmente as áreas e vazões parciais calculadas pelo método da meia-seção.

TABELA 4 - Resultados Globais da Medição com Barco não Ancorado

Cálculo	Descarga m^3/s	Área m^2	V média m/s
Gráfico *	139.800	88.200	1,585
Meia - Seção	139.100	88.220	1,577
Seção Média	137.700	88.220	1,561

*Veja Figura 6

CURSO SOBRE TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA EM GRANDES RIOS

MEDIÇÃO COM BARCO NÃO ANCORADO

Nº Vert	Ponto %	Ângulos Medidos com Teodolito – Início – Obs Pl α	Início – Obs 2 γ	Fim – Obs Pl α	Fim – Obs 2 γ	Nº de Rotações Ni	Tempo t	Abcissa Inicial Xi	Abcissa Final Xf	Ordem Inicial Yi	Ordem Final Yf	Vel Vi	distância ao Pl dk	Veloc Média $\bar{V}k$	Prof Pi	Área Parcial A	Vazão Parcial Q
MD													12	0	0		
01	20	359 55 30	303 52 40	00 09 50	303 39 20	280	42,0	148,1	143,8	0,19	-0,41	1,644	144	1,437	23,9	2127	3057
	80	00 10 00	303 20 55	359 56 50	303 39 20	230	45,2	138,1	144,0	-0,40	0,13	1,231					
02	20	00 02 10	306 11 00	00 02 00	306 12 00	310	43,8	191,4	191,7	-0,12	-0,11	1,732	190	1,417	25,3	2087	2958
	80	00 04 00	306 05 20	00 07 50	306 02 45	190	42,6	189,6	188,7	-0,22	-0,43	1,102					
03	20	359 59 00	312 04 55	359 54 00	312 05 40	260	41,0	308,8	309,3	+0,09	+0,54	1,542	309	1,352	27,5	4125	5577
	80	00 02 00	312 12 55	00 08 50	312 05 55	200	42,8	311,5	308,8	-0,18	-0,79	1,161					
04	20	359 49 50	320 10 45	359 52 00	320 04 20	270	41,4	492,4	489,5	+1,45	+1,14	1,603	490	1,558	29,0	5220	8133
	80	359 58 40	320 04 20	359 49 10	320 04 40	260	41,2	488,9	489,9	+0,19	+1,54	1,513					
05	20	359 57 60	326 48 55	359 54 50	326 47 30	290	41,4	669,6	669,4	+0,42	+1,00	1,700	669	1,800	30,3	4228	7608
	80	359 52 00	326 47 05	359 59 50	326 45 00	320	42,0	669,7	667,3	+1,56	+0,03	1,899					
06	20	359 55 00	330 04 20	00 00 50	330 00 55	320	41,4	770,9	767,8	+1,12	-0,19	1,920	769	1,853	31,4	2371	4393
	80	359 55 10	330 03 05	00 04 00	330 01 40	300	42,2	770,3	767,6	+1,08	-0,29	1,785					
07	20	359 55 10	331 32 20	00 00 00	331 38 05	330	41,8	820,1	822,2	+1,15	+0,00	1,957	820	1,766	37,4	2057	3674
	80	359 53 50	331 28 50	359 54 10	331 29 10	270	41,0	818,4	818,5	+1,47	+1,39	1,615					
08	20	00 00 25	333 12 15	359 53 10	333 12 10	360	41,6	874,6	879,6	-0,11	+1,75	2,068	879	1,900	37,9	2786	5293
	80	00 01 30	333 17 05	00 07 00	333 17 00	290	41,8	880,3	878,7	-0,38	-1,79	1,731					
09	20	359 58 50	335 34 30	359 53 30	335 37 20	320	41,6	968,6	972,3	+0,33	+1,84	1,843	967	1,736	40,2	2352	4083
	80	00 04 00	335 32 30	00 02 40	335 27 55	280	41,8	965,6	963,0	-1,12	-0,75	1,630					
10	20	00 06 00	336 21 55	00 01 30	336 11 35	360	40,6	998,3	992,8	-1,74	-0,43	2,150	996	1,855	35,0	1213	2305
	80	359 53 50	336 10 10	359 59 10	336 18 05	260	41,2	994,5	998,0	+1,76	+0,24	1,581					
11	20	00 08 00	337 18 10	359 53 50	337 09 25	360	41,4	1036,9	1036,0	-2,41	+1,86	2,021	1038	1,765	30,3	3318	5856
	80	359 55 10	337 14 00	359 54 00	337 15 05	260	42,0	1038,8	1040,0	+1,46	+1,81	1,508					
12	20	00 02 00	341 02 40	359 54 00	340 53 55	320	41,0	1214,6	1211,2	-0,71	+2,11	1,838	1215	1,757	28,2	4568	8027
	80	00 01 50	341 04 55	00 04 00	341 07 05	280	42,8	1216,6	1217,4	-0,65	-1,42	1,677					
13	20	00 01 40	343 40 20	359 59 50	343 38 55	340	41,0	1358,9	1358,7	-0,66	+0,06	2,009	1362	1,815	29,6	4484	8119
	80	359 54 00	343 40 20	359 58 20	343 48 00	280	41,2	1363,7	1368,6	+2,38	+0,66	1,701					
14	20	359 59 00	346 09 55	359 59 50	346 10 00	350	42,2	1518,5	1517,9	+0,44	+0,07	2,036	1518	1,794	30,5	3645	6550
	80	00 02 00	346 11 55	359 58 20	346 10 00	270	41,4	1518,4	1519,1	-0,88	+0,79	1,558					
15	20	00 01 50	347 17 20	00 00 00	347 20 55	320	42,2	1595,3	1601,2	-0,85	+0,00	1,829	1601	1,586	38,6	2567	4071
	80	359 56 50	347 21 40	359 56 20	347 18 55	230	41,8	1604,9	1601,9	+1,48	+1,71	1,343					
16	20	359 58 50	347 57 40	00 00 00	347 57 55	300	43,6	1648,1	1647,3	+0,56	+0,00	1,697	1651	1,559	36,6	2086	3252
	80	359 55 10	347 58 30	359 50 00	347 57 25	260	43,0	1652,4	1655,7	+2,32	+4,81	1,422					
17	20	359 58 00	348 49 20	00 05 00	348 53 35	310	41,8	1716,5	1715,4	+0,99	-2,49	1,898	1715	1,734	32,4	3046	5281
	80	00 00 20	348 49 10	00 00 00	348 48 10	270	42,0	1714,0	1713,0	-0,16	+0,00	1,570					
18	20	00 00 00	350 19 10	359 55 40	350 22 05	310	41,6	1842,0	1851,2	+0,00	+2,33	1,753	1839	1,658	30,1	2955	4879
	80	00 00 10	350 14 25	00 00 50	350 11 20	260	41,2	1837,7	1829,4	-0,08	-0,44	1,579					
19	20	359 56 50	351 02 25	359 59 10	351 02 05	330	41,2	1912,2	1910,1	+1,76	+1,02	1,976	1912	1,743	30,1	4018	7004
	80	359 54 00	351 00 05	359 55 50	351 03 10	250	41,2	1911,9	1914,6	+3,33	+2,39	1,510					
20	20	359 58 00	352 57 00	359 56 50	352 57 05	300	42,4	2106,0	2107,9	+1,22	+1,94	1,714	2106	1,538	28,7	4965	7636
	80	359 57 00	352 53 55	359 57 00	352 57 00	230	41,2	2101,8	2107,5	+1,83	+1,84	1,362					
21	20	00 00 50	354 16 55	00 01 10	354 15 00	270	41,0	2256,8	2252,3	-0,54	-0,76	1,614	2258	1,307	25,6	3994	5220
	80	00 00 50	354 17 30	359 59 20	354 19 40	180	42,8	2258,0	2264,9	-0,54	+0,44	0,999					
22	20	359 58 00	355 30 55	00 00 10	359 33 05	250	42,6	2422,5	2423,4	+1,41	-0,11	1,474	2418	1,347	24,3	3645	4910
	80	00 00 20	355 27 20	00 00 40	355 30 55	210	42,0	2409,9	2417,5	-0,23	-0,47	1,220					
23	20	00 00 50	356 31 00	00 00 50	356 30 40	260	41,6	2561,7	2560,8	-0,62	-0,62	1,531	2558	1,282	25,0	5550	7115
	80	00 00 00	356 28 05	00 00 00	356 27 00	180	42,8	2556,1	2553,3	+0,00	+0,00	1,033					
24	20	00 00 10	358 18 55	00 00 20	358 20 00	270	42,0	2862,4	2865,3	-0,14	-0,78	1,576	2862	1,412	24,6	5732	8093
	80	00 00 20	358 18 55	00 00 10	358 18 05	210	41,2	2862,0	2859,9	-0,28	-0,14	1,247					
25	20	00 01 00	359 09 00	359 59 30	359 06 50	260	41,2	3020,0	3017,1	-0,88	+0,44	1,512	3024	1,290	24,9	3137	4047
	80	00 00 00	359 11 05	00 00 10	359 11 05	180	41,6	3029,9	3029,4	+0,00	-0,14	1,068					
26	20	00 00 00	359 34 40	359 59 50	359 35 00	170	41,6	3111,0	3112,7	+0,00	+0,15	1,002	3114	0,929	24,1	1916	1780
	80	00 00 00	359 35 40	00 00 00	359 36 20	150	43,2	3114,6	3116,9	+0,00	+0,00	0,856					
ME													3183	0	0		

RESULTADOS (integração meia secção) Q = 139100 m³/s A = 88220 m²

TABELA-3

Nota-se de novo, a melhor aproximação do processo aritmético da meia-seção, com o processo gráfico. Verifica-se também que o processo aritmético da seção média dá um valor inferior ao processo da meia-seção.

2.2.2. Análise e Comentários

O maior defeito do método de medição com o barco não ancorado encontrou-se, desde o lançamento do método, mais de 10 anos, no deslocamento longitudinal e transversal do barco. Este deslocamento chegava frequentemente a atingir 20 a 30 metros durante uma tomada de velocidade e mais de 50 metros entre os 2 pontos a 20% e 80% da profundidade. As consequências podem ser desatrosas por causa:

- da indefinição dos termos 20% e 80% de p_t visto as rápidas variações da profundidade;

- da imprecisão das velocidades medidas, visto que o tempo corretivo devido ao movimento de barco podia ser mais importante que o valor medido;

- do erro cometido quando calcula-se a velocidade média numa "pseudo-vertical" a partir de 2 pontos distantes horizontalmente de 30 a 50 metros.

As recomendações feitas em dezembro 1983 pelo Grupo de Estudos de medições de descargas em Grandes Rios, conduziram as equipes de campo a operar com muito mais rigor e os defeitos acima indicados foram quase totalmente eliminados nesta medição realizada durante o curso, como mostram os valores reunidos na Tabela 5.

O deslocamento lateral, em média de 2,75 m, é superior a 5 m somente 8 vezes em 52 tomadas de velocidades e nunca ultrapassa 10 m. No sentido longitudinal os resultados são melhores ainda: média de 0,9 m, somente 5 valores superiores a 2 m e nenhum acima de 5 m. Esses valores são comparáveis aos observados com o barco ancorado.

TABELA 5 - Deslocamento do Barco durante as Medições com Barco não Ancorado

Nº Vert.	Dist. ao PI	Deslocamento Lateral (ΔX)			Deslocamento Longitudinal (ΔY)		
		20% m	80% m	20 - 80* m	20% m	80% m	20 - 80* m
1	144	4,3	5,9	4,9	0,6	0,5	0,0
2	190	0,3	0,9	2,4	0,0	0,2	0,2
3	309	0,5	2,7	1,1	0,5	0,6	0,8
4	490	2,9	1,0	1,6	0,3	1,4	0,4
5	669	0,2	2,4	1,0	0,6	1,5	0,1
6	769	3,1	2,7	0,4	1,3	2,0	0,4
7	820	2,1	0,1	2,7	1,2	0,1	0,9
8	879	2,0	1,6	0,9	1,9	1,4	1,9
9	967	3,7	2,6	6,2	1,5	0,4	2,0
10	996	5,5	3,5	0,7	1,3	1,5	2,1
11	1038	0,9	1,2	1,5	4,3	0,4	1,9
12	1215	3,4	0,8	4,1	2,8	0,8	1,7
13	1362	0,2	4,9	7,4	0,7	1,7	1,8
14	1518	0,6	0,7	0,6	0,4	1,6	0,3
15	1601	5,9	3,0	5,2	0,9	0,2	2,0
16	1651	0,8	3,3	6,4	0,6	2,5	3,3
17	1715	1,1	1,0	2,5	3,5	0,2	0,7
18	1839	9,2	8,3	13,1	2,3	0,4	1,4
19	1912	2,1	2,7	2,1	0,7	0,9	1,5
20	2106	1,9	5,7	2,3	0,7	0,0	0,3
21	2258	4,5	6,9	6,9	0,2	1,0	0,6
22	2418	0,9	7,6	9,3	1,5	0,2	1,0
23	2558	0,9	2,8	6,6	0,0	0,0	0,6
24	2862	2,9	2,1	2,9	0,1	0,1	0,0
25	3024	2,9	0,5	11,1	1,3	0,1	0,2
26	3114	1,7	2,3	3,9	0,2	0	0,8
MÉDIAS		2,5	3,0	4,1	1,1	0,7	1,0

*20 - 80 = deslocamento entre as abcissas médias dos pontos 20 e 80%.

De outro lado as verticais de medição são corretamente definidas, apesar de 2 deslocamentos laterais superiores a 10 metros (verticais 18 e 25).

Observa-se que o deslocamento longitudinal é negligenciável. Isso em função da maior eficiência do controle de alinhamento (observador 1 no PI) e também da maior facilidade para o piloto do barco de executar as ordens do observador. Ao contrário a eficiência do observador de posicionamento vai diminuindo quando aumenta a distância ao PI. Isso em razão da menor precisão relativa do teodolito, da distância superior a 2000 m e ao mesmo tempo da dificuldade maior de estacionar o barco no sentido lateral.

De qualquer maneira, o problema do deslocamento do barco foi resolvido durante esta medição. As correções de velocidade, devidas ao movimento do barco não chegam a ultrapassar 5% da velocidade medida no caso mais desfavorável (vertical 18), e na maioria dos casos são inferiores a 1%.

2.3. Medição com Barco em Movimento

2.3.1. Apresentação Geral

A medição foi iniciada às 9:00 horas, logo após a instalação das 2 boias, a 52 m de cada margem. Ela foi encerrada às 15:00 horas, sendo no intervalo executadas 10 travessias (5 no sentido PI-PF identificadas por um número par, 5 no sentido contrário identificadas por um número impar).

A luminosidade muito forte dificultou bastante a atuação do piloto, cujo papel é fundamental porque o barco não deve se afastar da seção PI-PF. Nenhum incidente foi registrado com os equipamentos: molinete, contador de impulsos e ecobatímetro funcionaram perfeitamente.

A tabela 6 apresenta os dados da 7ª travessia, ou seja para cada uma das 51 verticais.

CURSO SOBRE TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO EM GRANDES RIOS

MEDIÇÃO COM BARCO EM MOVIMENTO (7ª PASSAGEM)

Nº vertical	Ângulo α°	Profund Pt (m)	Nº de impulsos	Fração da distância até 2º bolo	Distância parcial (m)	Distância acum. (m)	Velocidade medida Vm (m/s)	Velocidade em m Vm sen α (m/s)	Integração meia seção: Área m²	Integração meia seção: Vazão m³/s
MD		0				12	0			
01	36	18,1	460	1ª Bola	52	64	2,51	1,47	1188	1747
02	27	22,8	460		79,3	143,3	2,51	1,14	1584	1805
03	48	23,4	440		59,6	202,9	2,40	1,78	1550	2759
04	35	25,9	440		72,9	275,8	2,40	1,38	1864	2572
05	32	26,3	440		71,1	346,8	2,40	1,44	1881	2708
06	36	27,0	440		72,0	418,8	2,40	1,41	1836	2589
07	44	28,0	460		64,0	482,8	2,51	1,74	1879	3269
08	38	28,6	470		70,2	553,0	2,56	1,58	2006	3170
09	38	28,6	475		70,1	623,1	2,59	1,59	2045	3251
10	35	29,7	470		72,9	696,0	2,56	1,47	2165	3183
11	35	30,5	460		72,9	768,9	2,51	1,44	2152	3099
12	40	30,3	480		68,2	837,1	2,62	1,68	1986	3337
13	45	32,7	460		62,9	900,0	2,51	1,77	2111	3736
14	42	34,1	475		66,2	966,2	2,59	1,73	2182	3776
15	46	37,1	485		61,8	1028,0	2,64	1,90	2293	4356
16	46	39,4	490		61,8	1089,8	2,67	1,92	2413	4633
17	47	36,2	490		60,7	1150,5	2,67	1,95	2134	4161
18	50	29,8	490		57,2	1207,7	2,67	2,05	1806	3702
19	44	29,7	460		64,0	1271,7	2,51	1,74	1836	3194
20	48	28,9	460		59,6	1331,3	2,51	1,86	1653	3075
21	52	27,6	460		54,8	1386,1	2,51	1,98	1513	2995
22	52	27,5	470		54,8	1440,9	2,56	2,02	1634	3300
23	44	29,7	480		64,0	1504,9	2,62	1,82	1917	3489
24	51	28,1	470		65,1	1570,0	2,45	1,67	1829	3055
25	43	31,5	450		65,1	1635,1	2,45	1,67	2016	3367
26	45	31,9	450		62,9	1698,0	2,45	1,74	2042	3552
27	43	30,3	480		65,1	1763,1	2,62	1,78	1853	3298
28	50	29,1	460		57,2	1820,3	2,51	1,92	1764	3386
29	44	38,8	420		64,0	1884,3	2,29	1,59	2305	3665
30	52	35,0	450		55,8	1939,1	2,45	1,93	2060	3975
31	45	32,1	480		62,9	2002,0	2,62	1,85	2054	3801
32	43	28,1	480		65,1	2067,1	2,62	1,78	1784	3176
33	46	29,5	480		61,8	2129,0	2,62	1,88	1825	3430
34	46	29,4	460		61,8	2190,8	2,51	1,80	1849	3329
35	44	29,1	455		64,0	2254,8	2,48	1,72	1894	3258
36	42	29,1	480		66,1	2321,0	2,62	1,75	2011	3519
37	36	27,9	480		72,0	2393,0	2,62	1,54	1927	2967
38	42	26,4	460		66,1	2459,1	2,51	1,68	1786	3000
39	39	26,0	460		69,2	2528,3	2,51	1,58	1786	2822
40	40	24,2	470		68,2	2596,5	2,56	1,65	1650	2723
41	40	23,7	455		68,2	2664,7	2,48	1,59	1627	2587
42	39	24,2	440		69,2	2733,8	2,40	1,51	1571	2372
43	47	24,7	440		60,7	2794,5	2,40	1,76	1554	2734
44	43	25,1	460		65,1	2859,6	2,51	1,71	1606	2747
45	45	25,2	460		62,9	2922,5	2,51	1,77	1483	2625
46	52	24,9	440		54,8	2977,3	2,40	1,89	1438	2718
47	47	24,1	440		60,7	3038,0	2,40	1,76	1476	2598
48	46	23,6	440		61,8	3099,8	2,40	1,73	1433	2478
49	48	23,5	440		59,6	3159,4	2,40	1,78	1414	2516
50	47	26,5	400		60,7	3220,1	2,18	1,60	1189	1902
51	45	11,6	420	0,46	29,0	3249,1	2,29	1,62	470	761
ME		0			52,0	3301,1	0	TOTAIS	91319	156256
PF					20,0	3321,1				

RESULTADOS $KL = \frac{3203}{332} = 0,964$ $Q \times KL = 5044\ m^3/s$ $A \times KL = 88032\ m^2$

TABELA - 6

- os dados medidos nas 3 primeiras colunas:

  ângulo do barco com a seção PI-PF, profundidade total e número de impulsos;

- os valores calculados nas colunas seguintes:

  distâncias parcial e acumulada a partir do PI, velocidades medida e da água a 1 m de profundidade, área molhada e vazão parcial calculadas pelo método da meia-seção.

Os resultados brutos do cálculo (área e vazão acumuladas) são multiplicados pelo coeficiente de correção de largura K_L, razão entre a distância real PI-PF e a distância acumulada medida durante a travessia.

A tabela 7 reúne os resultados das 10 travessias realizadas. Sendo os valores bastante homogêneos e nenhum foi abandonado para o cálculo das médias.

O resultado definitivo, após correção de largura (K_L) e correção de velocidade (Kv = 0,906, valor encontrado na medição completa com o barco ancorado) é o seguinte:

Q = 138.600 m³/s
A = 87.900 m³/s
V = 1,58 m/s

O intervalo de dispersão das vazões das 10 travessias é de - 8000 a + 5500 m³/s (- 6% a + 4%) e das áreas de ± 2000 m² (± 2,5%). Esses valores são muito bons e testemunham a excelente qualidade da medição.

2.3.2. Análise e Comentários

2.3.2.1. Velocidades Pontuais

Uma análise detalhada dos valores da 7ª tra

TABELA 7 - Resultado da Medição pelo Método do Barco em Movimento

Pass.	Sentido	Fração 2ª boia	Largura Medida	K_L (1)	Área m²		Descarga m³/s			Velocidade	
					Medida (A)	Corr. (AxK_L)	Bruto (Q)	(QxK_L)	(QxK_LxK_V) (2)	V_{im}	V
1	ida	0,26	3.366	0,942	93.940	88.490	153.430	144.530	130.940	1,63	1,48
2	volta	0,17	2.979	1,064	80.760	85.930	144.320	153.560	139.130	1,79	1,62
3	ida	0,31	3.270	0,970	91.815	89.060	157.630	152.900	138.530	1,72	1,56
4	volta	0,52	2.913	1,089	80.640	87.820	143.430	156.200	141.520	1,78	1,61
5	ida	0,75	3.304	0,960	91.680	88.010	156.140	149.890	135.800	1,70	1,54
6	volta	0,32	2.924	1,084	80.720	87.500	146.460	158.760	143.840	1,81	1,64
7	ida	0,46	3.289	0,964	91.320	88.030	156.260	150.640	136.480	1,71	1,55
8	volta	1,00	3.020	1,050	82.130	86.240	144.510	151.740	137.480	1,76	1,59
9	ida	0,33	3.346	0,948	94.870	89.940	163.050	154.570	140.040	1,72	1,56
10	volta	0,54	2.952	1,074	81.600	87.640	145.830	156.620	141.900	1,79	1,62
MÉDIA				1,015		87.870		152.940	138.570	1,74	1,58

(1) K_L = Coeficiente de correção de largura = $\frac{3.203}{\text{Largura medida}}$

(2) K_V = Coeficiente de correção de velocidade = 0,906 (conforme medição com barco ancorado)

vessia, escolhida como exemplo totalmente por acaso (tabela 6), mostra a característica principal deste tipo de medição a sua relativa imprecisão, perfeitamente ilustrada na figura 4, onde são traçadas as variações laterais da velocidade a 1 m de profundidade.

Sequências de valores (velocidades em m/s) como 1,47 - 1,14 - 1,78 - 1,38 no início da 7ª passagem ou 1,89 - 1,74 - 1,41 - 2,10 no meio da 8ª passagem, são anormais num rio do porte do Solimões. A curva dos valores da medição completa (barco ancorado) traçada na figura 4, se aproxima muito mais da realidade.

Essas variações rápidas são consequência da maneira instantânea e indireta (visto o movimento do barco) de medir a velocidade. É sem dúvida um procedimento muito menos preciso que aquele normalmente utilizado (barco parado e medição de 40 segundos).

Verificamos que as medidas de profundidade são bem mais precisas e não apresentam as mesmas rápidas variações laterais.

Felizmente, se cada uma das velocidades medidas é bastante imprecisa (± 15 a 20% de erro), os erros se compensam e o resultado global é geralmente enquadrado numa faixa menor (± 10%), como é o caso desta medição.

2.3.2.2. Resultados

Quando observar os valores da coluna K_L da tabela 7, distingue-se 2 grupos: as "idas", caracterizadas por um coeficiente de correção de largura inferior a 1 (média 0,957) e as "voltas" caracterizadas por um K_L superior a 1 (média 1,072). Essa diferença é facilmente explicada pela não perpendicularidade da seção PI-PF e da direção da correnteza. Quando utilizamos as fórmulas que admitem essa perpendicularidade, um erro sistemático é cometido, que no caso de MANACAPARU é (Fig. 5):

- por excesso na ida do PI ao PF e em conse

VARIAÇÕES DA VELOCIDADE A 1m DE PROFUNDIDADE

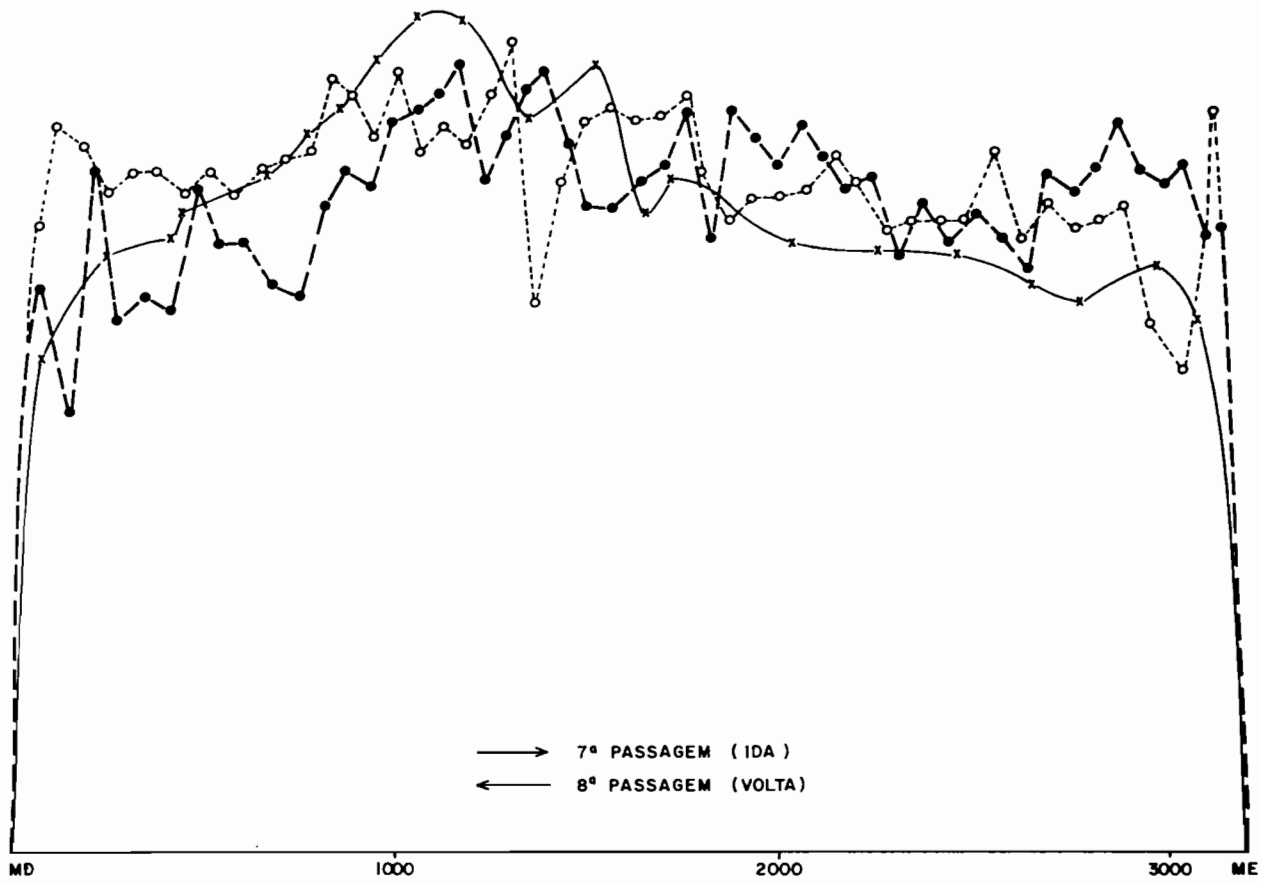


FIGURA 4

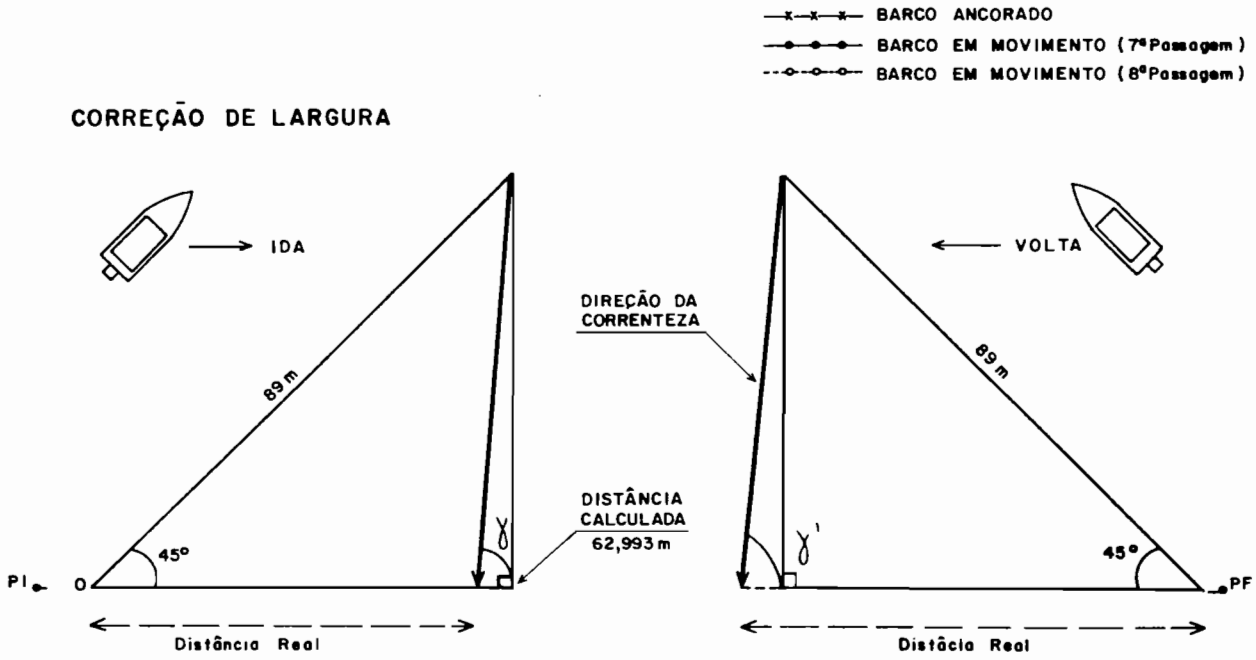


FIGURA 5

quência $K_L < 1$;

- por falta na volta do PF ao PI e $K_L > 1$.

O ângulo da correnteza com a seção PI-PF é de aproximadamente 87º (exatamente 87º30' para $K_L = 0,957$ é 86º para $K_L = 1,072$, valores diferentes provavelmente por causa de um erro não determinado - talvez uma pequena discrepância na definição da seção PI-PF em cada margem ?).

Foi indicado na apresentação teórica do método que para o cálculo final, alguns resultados parciais podem ser excluídos, ficando no mínimo 6 valores para o cálculo das médias. Quando houver 2 grupos como é presentemente o caso, o abandono de um valor de um grupo (ida por exemplo) IMPLICA NECESSARIAMENTE o abandono também de um valor do outro grupo.

Nós insistimos sobre este ponto porque 2 dos 4 grupos de trabalho escolheram deixar só a 1ª travessia, após constatar que ela não se encaixava na faixa $Q \pm 2\ s_Q$, sendo s_Q o desvio-padrão dos 10 valores. Mas se considerar separadamente os 2 grupos constata-se que o teste de inclusão não autoriza a exclusão da 1ª travessia ($Q = 136.360\ m^2/s \pm 6.920\ m^3/s$).

Nós pensamos que a exclusão de uma ou várias travessias deve ser feita somente quando tiver acontecido um problema técnico com o equipamento ou de outra origem, como por exemplo um desvio forçado (outro barco, vegetação) ou uma evolução brutal das condições climáticas (vento ou chuva). Não foi o caso no dia desta medição.

2.4. Avaliação dos Resultados

Deixando de lado as pequenas diferenças devidas ao método de cálculo, os resultados das 3 medições foram reunidos na tabela 8. O resultado da medição com o barco ancorado é duplo visto que as velocidades foram medidas por pontos isolados e por integração.

TABELA 8 - Resultado Final

Método	Descarga m^3/s	Área m^2	Velocidade m/s
Ancorado/Pontos	135.000	89.800	1,50
Ancorado/Integ.	141.400	89.800	1,58
Não Ancorado	139.100	88.200	1,58
Movimento	138.600	87.900	1,58
Resultado Final	139.000	88.500	1,56

Em primeira análise os resultados parecem excelentes. A dispersão relativa das descargas e das áreas é pequena (respectivamente 4,8 e 2,2%), bem menores daquela que podia ser esperado de uma série de medições que foram sobretudo aulas práticas de campo.

A maior surpresa é sem dúvida o resultado da medição do barco em movimento, mesmo se considerar que a utilização do coeficiente de correção de velocidade encontrado na medição completa, melhorou bastante a precisão.

O excelente resultado do método do barco não ancorado estava esperado, visto a qualidade de trabalho realizado em campo.

A maior divergência se encontra entre as descargas medidas com o barco ancorado. Nos comentários desta medição (idem 2.1.1.2) foi detectada uma diferença muito forte entre as velocidades média por pontos e integrada das verticais 13 e 15.

Para tentar encontrar a explicação deste fato, traçamos na figura 6 as curvas das vazões unitárias das medições com o barco ancorado e não ancorado. Observa-se nesta figura que as principais dis

CURSO SOBRE TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA EM GRANDES RIOS

COMPARAÇÃO DAS MEDIÇÕES COM BARCO ANCORADO E COM BARCO NÃO ANCORADO

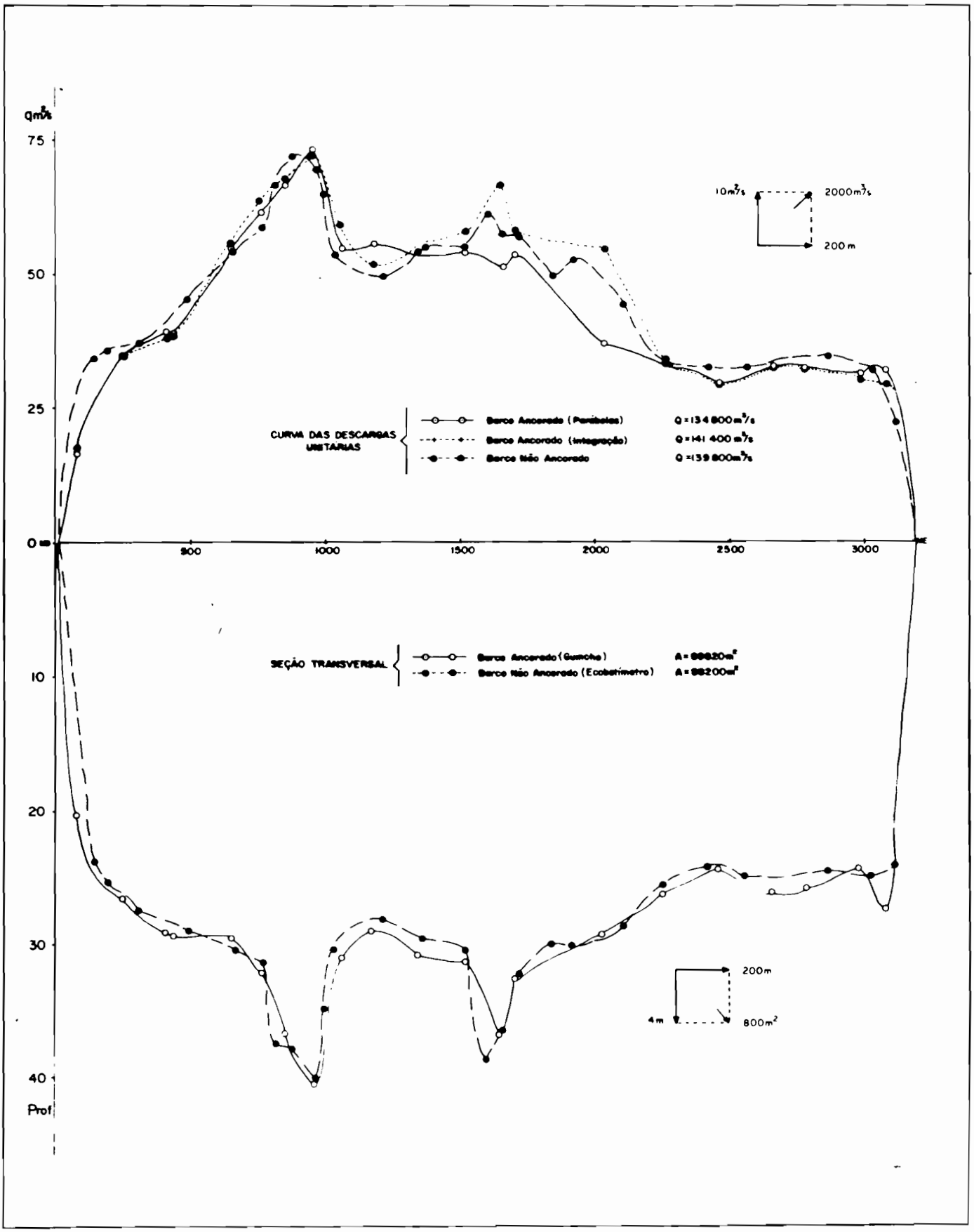


FIGURA-6

crepâncias se encontram entre as distâncias 1500 m e 2300 m do PI. De cada lado as diferenças são mínimas e são explicadas pela diferença de posição das verticais (por exemplo, perto da margem direita).

O trecho central com problemas é justamente aquele onde se situam as verticais 13 e 15.

Lembre-se que em primeira análise a velocidade média integrada dessas 2 verticais foi considerada errada (provável erro de contagem dos impulsos). Se considerar o gráfico esse diagnóstico não aparece tão certo, particularmente na vertical 15. É possível que a velocidade exata seja uma ou outra, ou talvez um valor intermediário.

O interesse maior desta análise é de mostrar como uma boa repartição das verticais é fundamental. Podia ser que a vertical 15 não fosse a penúltima executada ou que ela não apresentasse defeitos ou dúvidas. Aconteceu que ela é duvidosa e que, ao mesmo tempo, ela tem o maior peso relativo (distância influenciada de 274 m por uma média de 152 m).

Isso mostra também como é importante calcular em campo, no barco, tanto as distâncias entre verticais como as velocidades médias. Se a discrepância entre velocidades ou se a falta de uma vertical fossem detectadas no momento da medição, os resultados seriam ainda melhores.

O resultado finalmente adotado é o seguinte:

$Q = 138.000\ m^3/s \pm 3000\ m^3/s$

$A = 88.500\ m^2 \pm 2000\ m^2$

$V = 1,56\ m/s \pm 0,06\ m/s$

3. ANÁLISE DOS RELATÓRIOS APRESENTADOS

Três temas de reflexão e debates foram submetidos aos 4 grupos de trabalho, logo no início do curso e a entrega de um breve relatório síntese foi solicitado.

Esses temas são os seguintes:

- avaliação da precisão de cada medição de descarga líquida realizada e os maiores riscos de erro;

- vantagens e inconvenientes de cada método utilizado e sugestões e/ou recomendações para um melhoramento;

- utilidade e/ou necessidade do DNAEE/DCRH elaborar um conjunto de Fichas Técnicas, como as apresentadas neste curso.

Visto o tempo muito curto e as condições de trabalho no barco (planimetragem quase impossível quando o barco se deslocava), os relatórios foram concluídos somente 2 horas antes do encerramento do curso e o terceiro tema não foi tratado.

A segunda parte deste relatório é inteiramente dedicada ao primeiro tema e foram utilizados, para a sua elaboração, alguns elementos contidos nos relatórios-síntese.

Apresentaremos a seguir uma síntese do trabalho de reflexão feito pelos 4 grupos sobre o 2º tema, destacando particularmente os pontos que obtiveram unanimidade e dando o número de citações (4, 3, 2 ou 1).

A - Método do Barco Ancorado

Vantagens

3 - custo baixo porque necessita de número reduzido de pessoas

1 - preciso, confiável, completo, repetição possível das verticais, controle imediato do posicionamento do barco se usar o sextante, cálculo gráfico possível.

Inconvenientes

4 - Demorado

3 - Problema da ancoragem

1 - inviável se velocidades muito fortes

Recomendações

4 - Melhorar a âncora

3 - Prever embarcações especializadas e não improvisadas (particularmente comando do motor na proa)

2 - Melhorar os alvos (anteparo escuro, inclinação para cima, tinta luminescente). Fazer uma batimetria antes da medição para escolher as verticais

1 - colocar o molinete lateralmente para evitar os choques com a âncora. Treinar a equipe (essencialmente o piloto)

Observações dos Coordenadores do Curso

A DCRH está estudando atualmente um modelo de barco especialmente equipado para as medições de grandes rios.

B - Método do Barco não Ancorado

Vantagens

1 - Dispensa a ancoragem
Mais rápida que a medição ancorada

Correção imediata possível
Pré-posicionamento das verticais

Inconvenientes

4 - Custo elevado em função do número de operadores e dos 2 teodolitos

1 - Impossibilidade de detalhar a medição (2 pontos somente em cada vertical)
Cálculo complexo
Equipe muito bem treinada

Recomendações

2 - Numerosos riscos de erro, exigindo uma atenção muito grande do pessoal

1 - Só deve ser usada se não puder ancorar o barco
Utilizar um outro contador de impulsos

Observações dos Coordenadores do Curso

A equipe da Hidrologia S.A. conseguiu uma demonstração quase perfeita tanto na parte técnica (cf. item 2.2) como pelo excelente entrosamento da equipe. É curioso constatar que os participantes do curso foram mais sensíveis aos inconvenientes (Custo elevado, numerosos riscos de erro) do que à qualidade do trabalho realizado.

Em nossa opinião, numerosos defeitos foram eliminados nessa medição. É indispensável a curto prazo as equipes que atuam nessa região operem com o mesmo rigor e calculem na hora os resultados parciais, corrigindo os erros eventuais. Isso supõe, um esforço muito grande de treinamento do pessoal

C - Método do Barco em Movimento

Vantagens

4 - Rapidez
Pouco pessoal envolvido
Segurança Total

2 - Simples (não precisa nenhuma instalação nas margens fora da seção PI-PF)

1 - Econômica

Inconvenientes

4 - Baixa precisão

3 - Equipamento importado

Recomendações

4 - Construir um equipamento nacional
Fazer medições completas para definir o coeficiente de Correção de velocidade
Melhorar os alvos de alinhamento

2 - Não esquecer aferição do ecobatímetro
Treinar o piloto do barco

1 - Diminuir o espaçamento entre verticais

Observações dos Coordenadores do Curso

A rapidez constatada pelos 4 grupos é relativa (6 horas contra 7 horas para o método do barco não ancorado): não pode ser considerada uma vantagem suficiente para utilizar este método quando for possível operar de outra maneira.

Ao contrário em caso de velocidades muito fortes (> 2,5 m/s), este método pode ser o único viável. Para isso justifica-se a construção de um equipamento nacional totalmente automático que permite aumentar consideravelmente o número de verticais (medição contínua pseudo-integrada).